

BEST AVAILABLE COPY

PCT/JP 2004/006416

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

06. 5. 2004

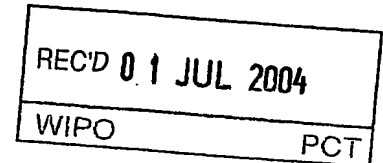
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 5 月 9 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 3 1 4 4 0
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 3 1 4 4 0]

出 願 人
Applicant(s): 株式会社ニコン

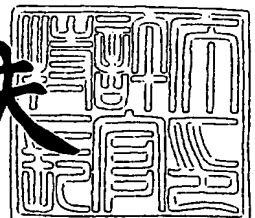


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 6 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 5 0 0 9 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 03-00181

【提出日】 平成15年 5月 9日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 17/00
H01L 21/027

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
 内

 【氏名】 鈴木 健司

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

 【識別番号】 100072718

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 古谷 史旺

 【電話番号】 3343-2901

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 013354

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9702957

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照明光学系及び投影露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、

前記フライアイミラーを構成する複数の単位ミラーのうち少なくとも一つは、前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための反射率ムラを有した補正ミラーである

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーの個数に対する前記補正ミラーの個数の比は、前記照明ムラの程度に応じた値に調整されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項 3】 請求項 1 又は請求項 2 に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーには、それぞれ反射率向上用の多層膜が設けられており、
前記補正ミラーの前記多層膜の層数には、前記反射率ムラを実現するための分布が付与されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項 4】 請求項 1 又は請求項 2 に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーは、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置されており、

前記補正ミラーの反射面の表面構造には、前記反射率ムラを実現するための分布が付与されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の照明光学系において、前記光源が出射する前記極端紫外光は、波長 50 nm 以下の極端紫外光であり

前記複数の単位ミラーは、Ru又はMoの材料からなり、かつ前記斜入射角度が 15° 以下となる姿勢で配置される

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項6】 極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、

前記フライアイミラーを構成する複数の単位ミラーのうち少なくとも一つの入射側には、

前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための透過率ムラを有した補正フィルタが配置される

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項7】 請求項6に記載の照明光学系において、
前記複数の単位ミラーの個数に対する前記補正フィルタの個数の比は、
前記照明ムラの程度に応じた値に調整されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項8】 請求項6又は請求項7に記載の照明光学系において、
前記補正フィルタの厚さには、前記透過率ムラを実現するための分布が付与されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項9】 請求項6～請求項8の何れか一項に記載の照明光学系において、

前記複数の単位ミラーは、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置されている

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項10】 請求項9に記載の照明光学系において、
前記光源が出射する前記極端紫外光は、波長50nm以下の極端紫外光であり、

前記複数の単位ミラーは、Ru又はMoの材料からなり、かつ前記斜入射角度が 15° 以下となる姿勢で配置される

ことを特徴とする照明光学系。

【請求項 11】 投影光学系と、

請求項 1～請求項 10 の何れか一項に記載の照明光学系と
を備えたことを特徴とする投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、投影露光装置に搭載される照明光学系に関し、特に、極端紫外光（以下、EUV光という。）を適用した照明光学系に関する。また、本発明は、その投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

投影露光装置は、半導体の集積密度を向上させるため、露光波長が短波長化される傾向にある。

それに適用される光源としては、水銀の i 線（波長 365.015 nm）、KrFエキシマレーザ（波長 248 nm）、ArFエキシマレーザ（波長 193 nm）、F₂エキシマレーザ（波長 157 nm）などが挙げられる。さらには、EUV光、特に波長 50 nm以下のEUV光を光源として用いることも検討されている。

【0003】

因みに、波長 50 nm以下のEUV光を用いる場合、光学系の少なくとも一部を反射型に構成する必要がある（たとえば、特許文献 1 に記載された照明光学系など。）。

【特許文献 1】

特開 2000-349009 号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来、照明光学系の光学設計の分野では照明の均一性を図るために相応の研究がなされているが、このようなEUV光使用の照明光学系においても、同様にそ

の性能が要求される。

【0005】

しかも、EUV光使用の照明光学系には他の照明光学系よりも高いスペックが要求されるので、その光学設計後、実際に照明光学系を組み立てたときに生じる僅かな照明ムラについてまでも低減することが期待される。

【0006】

そこで本発明は、光学系の組み立て後に生じる僅かな照明ムラまでもが低減されたEUV光使用の照明光学系を提供することを目的とする。

また、本発明は、高性能な投影露光装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の照明光学系は、極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、前記フライアイミラーを構成する複数の単位ミラーのうち少なくとも一つは、前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための反射率ムラを有した補正ミラーであることを特徴とする。

【0008】

請求項2に記載の照明光学系は、請求項1に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーの個数に対する前記補正ミラーの個数の比は、前記照明ムラの程度に応じた値に調整されていることを特徴とする。

請求項3に記載の照明光学系は、請求項1又は請求項2に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーには、それぞれ反射率向上用の多層膜が設けられており、前記補正ミラーの前記多層膜の層数には、前記反射率ムラを実現するための分布が付与されていることを特徴とする。

【0009】

請求項4に記載の照明光学系は、請求項1又は請求項2に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーは、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置されており、前記補正ミラーの反射面の表面構造には、前記反射

率ムラを実現するための分布が付与されていることを特徴とする。

請求項 5 に記載の照明光学系は、請求項 4 に記載の照明光学系において、前記光源が出射する前記極端紫外光は、波長 50 nm 以下の極端紫外光であり、前記複数の単位ミラーは、Ru 又は Mo の材料からなり、かつ前記斜入射角度が 15° 以下となる姿勢で配置されることを特徴とする。

【0010】

請求項 6 に記載の照明光学系は、極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、前記フライアイミラーを構成する複数の単位ミラーのうち少なくとも一つの入射側には、前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための透過率ムラを有した補正フィルタが配置されることを特徴とする。

【0011】

請求項 7 に記載の照明光学系は、請求項 6 に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーの個数に対する前記補正フィルタの個数の比は、前記照明ムラの程度に応じた値に調整されていることを特徴とする。

請求項 8 に記載の照明光学系は、請求項 6 又は請求項 7 に記載の照明光学系において、前記補正フィルタの厚さには、前記透過率ムラを実現するための分布が付与されていることを特徴とする。

【0012】

請求項 9 に記載の照明光学系は、請求項 6 ～請求項 8 の何れか一項に記載の照明光学系において、前記複数の単位ミラーは、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置されていることを特徴とする。

請求項 10 に記載の照明光学系は、請求項 9 に記載の照明光学系において、前記光源が出射する前記極端紫外光は、波長 50 nm 以下の極端紫外光であり、前記複数の単位ミラーは、Ru 又は Mo の材料からなり、かつ前記斜入射角度が 15° 以下となる姿勢で配置されることを特徴とする。

【0013】

請求項 11 に記載の投影露光装置は、投影光学系と、請求項 1 ～請求項 10 の

何れか一項に記載の照明光学系とを備えたことを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて本発明の実施形態について説明する。

【0015】

〔第1実施形態〕

図1、図2、図3、図4、図5、図6、図7、図8、図9、図10に基づいて本発明の第1実施形態について説明する。

図1は、本実施形態の照明光学系の概略構成図である。

この照明光学系は、主に反射型の投影光学系を備えた投影露光装置に適用され、その投影露光装置のレチクル面R（以下、円弧フィールドとする。）をケーラー照明するものである。

【0016】

この照明光学系の光源11は、EUV光（以下、波長50nm以下のEUV光とする。）を射出するレーザプラズマ光源である。

照明光学系には、この光源11の射出側に、コリメータミラー12、フライアイミラー13、及びコンデンサミラー14が順に配置される。

このうち、フライアイミラー13は、複数の単位ミラー13in-1, 13in-2, ... を並列配置してなる入射端13in、複数の単位ミラー13out-1, 13out-2, ... を並列配置してなる射出端13outを有する。

【0017】

ここで、並列配置とは、入射光束のうち互いに異なる部分光束に対し個別に作用する配置であり、一方、直列配置とは、入射光束の全体に対し順に作用する配置である。

この構成の照明光学系において、光源11から射出した光束は、コリメータミラー12にて反射して平行光束化した後、フライアイミラー13の入射端13inに入射する。

【0018】

入射端 13 in を構成する各単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, . . . から個別に射出した光束は、それぞれ集光しつつ射出端 13 out を構成する単位ミラー 13 out-1, 13 out-2, . . . に個別に入射する。

それら単位ミラー 13 out-1, 13 out-2, . . . にて反射した各光束は、コンデンサミラー 14 によって同一の位置（レチクル面 R 上）に導光され、重畳する。

【0019】

このうち、フライアイミラー 13 の入射端 13 in を構成する単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, . . . の反射面は、入射光束を集光するためにそれぞれ正の光学的パワーを有している（すなわち、凹面である。）。

また、これら単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, . . . の反射面は、コーリメータミラー 12 の側から見た外形がそれぞれレチクル面 R の相似形状（すなわち、円弧状）となるようその外形が整えられている（後述する図 3 参照）。

【0020】

また、これら単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, . . . を始めとする照明光学系内の各ミラーはそれぞれ、ガラス、セラミックス、金属などからなる基板上にモリブデン（Mo）及びシリコン（Si）等の異なった 2 種類の材料を繰り返し積層し、反射率向上用の多層膜を形成したものである。

次に、以上の構成の照明光学系の照明ムラの補正について説明する。

【0021】

この照明光学系の光学設計も、従来通りレチクル面 R の照明ムラが低減されるようになっている。しかし、実際の組み立て後にレチクル面 R の照明強度分布を測定すると、例えば図 2 に示すような照明ムラが生じている。

図 2 は、レチクル面 R の照明ムラを説明する図である。

図 2 において、レチクル面 R 内の領域 E a は、照明強度が比較的高い明部であり、別の領域 E b、E c は、照明強度が比較的低い暗部である。

【0022】

以下、この図 2 に示すような照明ムラがレチクル面 R に生じている場合について説明する。

この照明ムラに応じて、本実施形態のフライアイミラー 13 には、次のとおり変更が加えられる。

図 3 は、フライアイミラー 13 の入射端 13 in を示す図である。

【0023】

図 3 中に斜線で示すように、入射端 13 in を構成する複数の単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, ... のうち一部は、補正ミラー 13 a 又は補正ミラー 13 b 又は補正ミラー 13 c に置換されている。

補正ミラー 13 a, 13 b, 13 c は、その反射面の形状は置換前の単位ミラー 13 in-1, 13 in-2, ... の反射面の形状（ここでは、凹面）と変わらないが、補正ミラー 13 a は、レチクル面 R の明部 E a の照明強度を相対的に低減するための反射率ムラを有しており、補正ミラー 13 b は、レチクル面 R の暗部 E b の照明強度を相対的に向上するための反射率ムラを有しており、補正ミラー 13 c は、レチクル面 R の暗部 E c の照明強度を相対的に向上するための反射率ムラを有している。

【0024】

図 4 は、補正ミラー 13 a を説明する図である。

図 4 (1) はこの補正ミラー 13 a の反射面の各位置に対応するレチクル面 R の各位置を示し、図 4 (2) は補正ミラー 13 a の反射面を示し、図 4 (3) は、図 4 (2) の II-II' 線における補正ミラー 13 a の断面を示している。

なお、補正ミラー 13 a の表面（反射面）は実際には凹面だが、図 4 (3) の断面図では、簡単のため平面で表している（以下の図 5、図 6、図 9、図 19 における断面図も同様。）。

【0025】

図 4 (1) (2) に示すように、補正ミラー 13 a の反射面の領域 13 E a がレチクル面 R の明部 E a に対応する。

図 4 (3) に示すように、補正ミラー 13 a の領域 13 E a における断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域 13 E a 以外の領域は、基板（ガラス、セラミックス、金属などからなる基板） 13 a 1 上に反射率向上用の多層膜（モリブデン (Mo)、シリコン (S

i)、タングステン(W)、クロム(Cr)、炭素(C)、NiCr(ニッケルクロム)などからなる多層膜) 13a2が形成されているのに対し、領域13Eaは、基板13a1のみからなる。

【0026】

このような補正ミラー13aは、基板13a1の基板上に多層膜13a2を形成した後、領域13Eaについてのみその多層膜13a2を除去することなどで製造できる。

或いは、基板13a1上の領域13Eaにのみマスクをして多層膜13a2を形成し、その後、マスクを除去することなどでも製造できる。

【0027】

図5は、補正ミラー13bを説明する図である。

図5(1)はこの補正ミラー13bの反射面の各位置に対応するレチクル面Rの各位置を示し、図5(2)は補正ミラー13bの反射面を示し、図5(3)は、図5(2)のII-II'線における補正ミラー13bの断面を示している。

図5(1)(2)に示すように、補正ミラー13bの反射面の領域13Ebがレチクル面Rの暗部Ebに対応する。

【0028】

図5(3)に示すように、補正ミラー13bの領域13Ebにおける断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域13Ebは、基板(ガラス、セラミックス、金属などからなる基板)13b1上に反射率向上用の多層膜(モリブデン(Mo)及びシリコン(Si)などからなる多層膜)13b2が形成されているのに対し、それ以外の領域は、基板13b1のみからなる。

【0029】

このような補正ミラー13bは、基板13b1の基板上に多層膜13b2を形成した後、領域13Eb以外の領域についてのみその多層膜13b2を除去することなどで製造できる。

或いは、基板13b1上の領域13Eb以外の領域にのみマスクをして多層膜13b2を形成し、その後、マスクを除去することなどでも製造できる。

【0030】

図6は、補正ミラー13cを説明する図である。

図6(1)はこの補正ミラー13cの反射面の各位置に対応するレチクル面Rの各位置を示し、図6(2)は補正ミラー13cの反射面を示し、図6(3)は、図6(2)のII-II'線における補正ミラー13cの断面を示している。

【0031】

図6(1)(2)に示すように、補正ミラー13cの反射面の領域13Ecがレチクル面Rの暗部Ecに対応する。

図6(3)に示すように、補正ミラー13cの領域13Ecにおける断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域13Ecは、基板(ガラス、セラミックス、金属などからなる基板)13c1上に反射率向上用の多層膜(モリブデン(Mo)及びシリコン(Si)などからなる多層膜)13c2が形成されているのに対し、それ以外の領域は、基板13c1のみからなる。

【0032】

このような補正ミラー13cは、基板13c1の基板上に多層膜13c2を形成した後、領域13Ec以外の領域についてのみその多層膜13c2を除去することなどで製造できる。

或いは、基板13c1上の領域13Ec以外の領域にのみマスクをして多層膜13c2を形成し、その後、マスクを除去することなどでも製造できる。

【0033】

図7は、補正ミラー13a、13b、13cのII-II'線における反射率分布を説明する図である。

図7(a)は、補正ミラー13aの反射率分布、図7(b)は、補正ミラー13bの反射率分布、図7(c)は、補正ミラー13cの反射率分布を示している。

図7(a)に示すように、補正ミラー13aにおいては、領域13Eaの反射率が他の領域の反射率と比較して低くなっている。

【0034】

また、図 7 (b) に示すように、補正ミラー 13 b においては、領域 13 E b の反射率が他の領域の反射率と比較して高くなっている。

また、図 7 (c) に示すように、補正ミラー 13 c においては、領域 13 E c の反射率が他の領域の反射率と比較して高くなっている。

そして、フライアイミラー 13 の入射端 13 i n (図 3 参照) における補正ミラー 13 a の個数は、予め測定されたレチクル面 R の明部 E a の明るさの程度 (図 2 参照) に応じて最適化される。

【0035】

また、フライアイミラー 13 の入射端 13 i n (図 3 参照) における補正ミラー 13 b の個数は、予め測定されたレチクル面 R の暗部 E b の暗さの程度 (図 2 参照) に応じて最適化される。

また、フライアイミラー 13 の入射端 13 i n (図 3 参照) における補正ミラー 13 c の各々の個数は、予め測定されたレチクル面 R の暗部 E c の暗さの程度 (図 2 参照) に応じて最適化される。

【0036】

その結果、レチクル面 R の照明強度は、例えば図 8 に示すように均一化される。

(第 1 実施形態の変形例)

なお、本実施形態の照明光学系においては、上述した補正ミラー 13 a に加え、図 9 (1) に示すような微調整ミラー 13 a' を用いることにより、明部 E a の補正を高精度化してもよい。

【0037】

図 9 (1) に示す微調整ミラー 13 a' は、上述した補正ミラー 13 a と同様の形状をしているが、領域 13 E a にも多層膜 13 a 2 が形成されている点において補正ミラー 13 a とは異なる。この領域 13 E a の多層膜 13 a 2 は、領域 13 E a 以外の多層膜 13 a 2 よりも薄化されている。

この微調整ミラー 13 a' は、基板 13 a 1 の基板上に多層膜 13 a 2 を形成した後、領域 13 E a についてのみその多層膜 13 a 2 を薄化することなどで製造できる。

【0038】

このような微調整ミラー13a'は、補正ミラー13aと同様の補正を少量だけ（少ない補正量で）行うものである。

よって、例えば、補正ミラー13aをn個配置すると過補正となり、補正ミラー13aを(n-1)個配置すると補正不足となるときに、(n-1)個の補正ミラー13aに加えて微調整ミラー13a'を用いれば、明部Eaの補正量を微調整できる。

【0039】

なお、この微調整ミラー13a'は明部Eaの補正量を微調整するものであるが、暗部Ebの補正量を微調整する微調整ミラー13b'（図9（2））や、暗部Ecの補正量を微調整する微調整ミラー13c'（図9（3））を用いてもよい。

また、本実施形態の照明光学系においては、補正ミラー13bの反射面の最上層（領域13Eb）の周縁に相当する部分に図10（1）のようなテーパを形成してもよい。

【0040】

テーパを形成すると、図7（b）に示した反射率分布カーブの段差部の傾斜が緩やかになり、滑らかな変化を示す照明ムラ分布（図2参照）に対応できるので、照明強度（図8参照）のさらなる均一化が図られる。

なお、同様に、補正ミラー13a、13cの反射面の最上層にテーパを形成してもよい。

【0041】

また、本実施形態では、明部Eaを補正するための補正ミラーが1種類（補正ミラー13aのみ）しか用いられていないが、図10（2）に示すように複数化された補正ミラー13a-1、13a-2、13a-3、...を用いてもよい。

図10（2）に示す補正ミラー13a-1、13a-2、13a-3、...は、それぞれ領域13Eaと略同じ位置に反射率の低い領域13Ea-1、13Ea-2、13Ea-3、...を有しているが、領域13Ea-1、13Ea

-2, 13Ea-3, ... のサイズは若干異なる。

【0042】

領域 13Ea-1, 13Ea-2, 13Ea-3, ... の各々の外形は、レチクル面 R 上の照明ムラ分布（図 2 参照）の各等高線に相当する。

これらの補正ミラー 13a-1, 13a-2, 13a-3, ... を用いれば、図 7 (b) に示した反射率分布カーブの段差部の傾斜を緩やかにし、滑らかな変化を示す照明ムラ分布（図 2 参照）に対応できるので、照明強度（図 8 参照）のさらなる均一化が図られる。

【0043】

なお、同様に、暗部 Eb を補正するための補正ミラー 13b や、暗部 Ec を補正するための補正ミラー 13c を複数種類にしてもよい。

また、本実施形態では、補正ミラー 13a の領域 13Ea の反射率を相対的に低下させるために、その領域 13Ea における多層膜 13a2 を除去又は薄化したが、その領域 13Ea における多層膜 13a2 上に反射率の低い材料を塗布したり、その領域 13Ea における多層膜 13a2 の表面に微細なキズを付けたりすることによっても、反射率を相対的に低下させることができる。

【0044】

同様に、補正ミラー 13b の領域 13Eb 以外の領域の反射率を相対的に低下させるために、その領域における多層膜 13b2 上に反射率の低い材料を塗布したり、その領域における多層膜 13b2 の表面に微細なキズを付けたりしてもよい。

同様に、補正ミラー 13c の領域 13Ec 以外の領域の反射率を相対的に低下させるために、その領域における多層膜 13c2 上に反射率の低い材料を塗布したり、その領域における多層膜 13c2 の表面に微細なキズを付けたりしてもよい。

【0045】

また、本実施形態では、明部 Ea、暗部 Eb、暗部 Ec を個別に補正する補正ミラー 13a, 13b, 13c がそれぞれ用いられたが、図 10 (3) に示すように同時に二つ以上の部分（例えば、暗部 Eb と暗部 Ec）を補正する補正ミラ

ー 13 b c を用いることもできる。

また、本実施形態の照明光学系において、フライアイミラー 13 の入射端 13 i n を構成する単位ミラー 13 i n - 1, 13 i n - 2, . . . は互いに等価なので、補正ミラー 13 a, 13 b, 13 c に置換される単位ミラーは、どの単位ミラーであってもよい。

【0046】

また、本実施形態では、補正ミラー 13 a, 13 b, 13 c に置換される単位ミラーは、フライアイミラー 13 の入射端 13 i n を構成する単位ミラー 13 i n - 1, 13 i n - 2, . . . の何れかとされているが、射出端 13 o u t を構成する単位ミラー 13 o u t - 1, 13 o u t - 2, . . . の何れかとすることもできる。

【0047】

但し、入射端 13 i n を構成する単位ミラー 13 i n - 1, 13 i n - 2, . . . とした方が、好ましい。なぜなら、それら単位ミラー 13 i n - 1, 13 i n - 2, . . . の反射面とレチクル面 R とは略共役であるので、補正ミラー 13 a の領域 13 E a のパターンがレチクル面 R の明部 E a のパターンの略相似形となり、補正ミラー 13 b の領域 13 E b のパターンがレチクル面 R の暗部 E b のパターンの略相似形となり、補正ミラー 13 c の領域 13 E c のパターンがレチクル面 R の暗部 E c のパターンの略相似形となるからである。

【0048】

[第2実施形態]

図 11、図 12、図 13、図 14、図 15、図 16、図 17、図 18 に基づいて本発明の第 2 実施形態について説明する。本実施形態は照明光学系の実施形態である。

図 11 は、本実施形態の照明光学系の概略構成図である。

【0049】

この照明光学系は、主に反射型の投影光学系を備えた投影露光装置に適用され、その投影露光装置のレチクル面 R (以下、円弧フィールドとする。) をケーラー照明するものである。

この照明光学系の光源 2 1 は、E U V 光（以下、波長 5 0 n m 以下の E U V 光とする。）を射出する光源である。

【0 0 5 0】

この光源 2 1 としては、放電プラズマ光源などが適用可能である。

照明光学系には、この光源 2 1 の射出側に、コリメータミラー 2 2、フライアイミラー 2 3、及びコンデンサミラー 2 4 が順に配置される。

コリメータミラー 2 2 は、複数の単位ミラー 2 2 - 1, 2 2 - 2, . . . を入射光束に対し並列配置している。

【0 0 5 1】

フライアイミラー 2 3 は、複数の単位ミラー 2 3 i n - 1, 2 3 i n - 2, . . . を並列配置してなる入射端 2 3 i n、複数の単位ミラー 2 3 o u t - 1, 2 3 o u t - 2, . . . を並列配置してなる射出端 2 3 o u t を有する。

コンデンサミラー 2 4 は、複数の単位ミラー 2 4 - 1, 2 4 - 2, . . . を入射光束に対し直列配置している。

【0 0 5 2】

そして、これらの単位ミラー 2 2 - 1, 2 2 - 2, . . ., 2 3 i n - 1, 2 3 i n - 2, . . ., 2 3 o u t - 1, 2 3 o u t - 2, . . ., 2 4 - 1, 2 4 - 2, . . . の姿勢は、それらの反射面に対する入射光（ここでは、波長 5 0 n m 以下の E U V 光）の斜入射角度（反射面とのなす角度）がそれぞれ全反射角度となるよう設定される。

【0 0 5 3】

なお、理想的な全反射は反射率 1 0 0 % の反射であるが、実際には若干の光量ロス許容せざるを得ないので、本明細書では、文言「全反射」を、「反射率 8 0 % 以上の反射」とし、入射光が全反射する斜入射角度を特に、「全反射角度」という。

また、これらの単位ミラー 2 2 - 1, 2 2 - 2, . . ., 2 3 i n - 1, 2 3 i n - 2, . . ., 2 3 o u t - 1, 2 3 o u t - 2, . . ., 2 4 - 1, 2 4 - 2, . . . の反射面には、それぞれモリブデン (M o) 又はルテニウム (R u) の材料が使用されている。

【0054】

モリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) は何れも反射面に使用される代表的な材料であるが、何れも、入射光の斜入射角度が小さいほど反射率が高くなる。

モリブデン (Mo) の全反射角度は約 15° 以下、ルテニウム (Ru) の全反射角度は約 15° 以下であり、参考までに記すと、珪化モリブデン (MoSi_2) の全反射角度は約 10° 以下である。

【0055】

よって、反射面にそれぞれモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の材料が使用される本実施形態の単位ミラー 22-1, 22-2, ..., 23in-1, 23in-2, ..., 23out-1, 23out-2, ..., 24-1, 24-2, ... の全反射角度は比較的大きく、 15° 以下となる。

なお、本実施形態の照明光学系において、sp 偏光間の反射率の違いによる強度差が問題となるような場合には、各反射面の一部又は全部に珪化モリブデン (MoSi_2) の材料を用いるとよい。

【0056】

図 12 は、本実施形態のコリメータミラー 22 を説明する図である。

図 12 (a) は光軸 Z を含む平面でコリメータミラー 22 を切断した断面図、図 12 (b) はコリメータミラー 22 の斜視図である。

図 12 (a) に示すように、コリメータミラー 22 は、互いに径及び広がり角度の異なる複数のスカート状の単位ミラー 22-1, 22-2, ... を、その裾部 (広がり部) を射出側に向けた状態で光軸 Z の周りに配置している (図では、単位ミラーの数を 3 とした。)。

【0057】

単位ミラー 22-1, 22-2, ... は、それぞれ内側に反射面を有している。

入射光束を平行光束に変換するに当たり、周辺光線を偏向する単位ミラー (つまり径が大きく外側に配置された単位ミラー) ほど、その広がり角度が大きく採られる。

【0058】

また、単位ミラー 22-1, 22-2, ... の反射面は、図 12 (a) (b) にも示すように、それぞれ円錐の部分側面の形状とされる。

このような単位ミラー 22-1, 22-2, ... からなるコリメータミラー 22 は、光源 21 から互いに異なる射出角度で射出した光線を個別に平行光束に変換する。

【0059】

なお、コリメータミラー 22 を図 13 に示すコリメータミラー 22' のように変形してもよい。

図 13 は、コリメータミラー 22' を説明する図である。

【0060】

図 13 (a) は光軸 Z を含む平面でコリメータミラー 22' を切断した断面図、図 13 (b) はコリメータミラー 22' の斜視図である。

コリメータミラー 22' の最外周に配置された単位ミラー 22-1 は、複数の単位ミラー 22-1-1, 22-1-2, ... を直列配置している (図 13 では、直列配置される単位ミラーの数を 3 とした。)。

【0061】

単位ミラー 22-1-1, 22-1-2, ... のそれぞれは、図 12 に示したコリメータミラー 22 の単位ミラー 22-1 と同様、スカート状をしており、その反射面が円錐の部分側面の形状をしている。

単位ミラー 22-1-1, 22-1-2, 22-1-3, ... は、光源 21 側からの入射光を順に反射することにより、その入射光を光軸 Z に平行な光線に変換して射出する。

【0062】

なお、最外周以外の単位ミラー 22-2, 22-3, ... のそれぞれについても同様に、複数の単位ミラーを直列配置させてもよい (22-2-1, 22-2-2, 22-2-3, 22-3-1, 22-3-2, 22-3-3)。

次に、フライアイミラー 23 (図 11 参照) について説明する。

上述したようにこのフライアイミラー 23 の単位ミラー 23 in-1, 23 i

$n-2, \dots, 23out-1, 23out-2, \dots$ の姿勢は、それぞれ入射光の斜入射角度が全反射角度（ここでは 15° 以下）となるよう設定される。

【0063】

このため、フライアイミラー 23 の入射端 $23in$ と射出端 $23out$ とは、それら各単位ミラーによる反射光の進行方向に十分な間隔をおいて配置される。

図 14 は、フライアイミラー 23 を説明する図である。

図 14 (a) にはフライアイミラー 23 の入射端 $23in$ 、図 14 (b) にはフライアイミラー 23 の射出端 $23out$ を示した。なお、図 14 (a) はコリメータミラー 22 の側から入射端 $23in$ を見た様子であり、図 14 (b) はコンデンサミラー 24 の側から射出端 $23out$ を見た様子である。

【0064】

図 15 は、フライアイミラー 23 の入射端 $23in$ を構成する単位ミラー $23in-1, 23in-2, \dots$ の反射面 r の形状を説明する図である。

単位ミラー $23in-1, 23in-2, \dots$ の反射面 r は、それぞれ光軸 Z に平行な中心軸を有しかつその頂点を射出側に向けた放物面の一部の形状をしている。

【0065】

また、単位ミラー $23in-1, 23in-2, \dots$ の反射面 r の外形（図 15 右上参照）は、コリメータミラー 22 の側から見たときの形状（図 15 左上参照）がレチクル面 R の相似形状（すなわち、円弧状）となるよう整えられている。

次に、コンデンサミラー 24（図 11 参照）について説明する。

【0066】

コンデンサミラー 24 は、射出端 $23out$ から射出する光束を、単位ミラー $24-1, 24-2, \dots$ にて順に反射し、射出端 $23out$ に形成された二次光源群をレチクル面 R （ここでは、円弧フィールド）に重畳して投影する。

これら単位ミラー $24-1, 24-2, \dots$ の少なくとも 1 つの反射面の形状は、トロイダル非球面である。

【0067】

次に、以上の構成の照明光学系の照明ムラの補正について説明する。

この照明光学系の光学設計も、従来通りレチクル面 R の照明ムラが低減されるようになっている。しかし、実際の組み立て後にレチクル面 R の照明強度分布を測定すると、照明ムラが生じている。

以下、図 11 上部に示すように第 1 実施形態と同じパターンの照明ムラ（図 2 参照。明部 E a, 暗部 E b, E c を有する。）が生じている場合について説明する。

【0068】

この照明ムラに応じて、本実施形態のフライアイミラー 23 には、次のとおり変更が加えられる。

図 14 (a) の中に斜線で示したように、フライアイミラー 23 の入射端 23 in を構成する単位ミラー 23 in-1, 23 in-2, ... のうち一部の単位ミラーは、その入射側が補正フィルタ F a, F b, F c の何れかにより覆われている。

【0069】

補正フィルタ F a は、レチクル面 R の明部 E a の照明強度を相対的に低減するための透過率ムラを有しており、補正フィルタ F b は、レチクル面 R の暗部 E b の照明強度を相対的に向上するための透過率ムラを有しており、補正フィルタ F c は、レチクル面 R の暗部 E c の照明強度を相対的に向上するための透過率ムラを有している。

【0070】

図 16 は、補正フィルタ F a を説明する図である。

図 16 (1) は補正フィルタ F a によって覆われた単位ミラー 23 in-a とその補正フィルタ F a との位置関係を示し、図 16 (2) は補正フィルタ F a をコリメータミラー 22 の側から見たときの様子を示し、図 16 (3) は、図 16 (2) の II-II' 線における補正フィルタ F a の断面を模式的に示している。

【0071】

図 16 (1) に示すように、補正フィルタ F a は、単位ミラー 23 in-a の

反射面 r に対する入射光束（平行光束である。）に対し垂直に挿入される。

図 16 (2) に示すように、コリメータミラー 22 の側から補正フィルタ F_a を見たときの外形は、コリメータミラー 22 の側から反射面 r を見たときの形状（すなわち、円弧状）に一致している。

【0072】

図 16 (2) において、補正フィルタ F_a 上に符号 FE_a で示す領域が、レチクル面 R の明部 E_a に対応する。

図 16 (3) に示すように、補正フィルタ F_a の領域 FE_a における断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域 FE_a 以外の領域はベリリウム (Be) の薄い層からなるのに対し、領域 FE_a は、ベリリウム (Be) の厚い層からなる。

【0073】

このような補正フィルタ F_a は、ベリリウム (Be) からなる基板 F_{a1} を用意し、その基板 F_{a1} の領域 FE_a に対してのみベリリウム (Be) の層 F_{a2} を重ねて形成することなどで製造できる。

図 17 は、補正フィルタ F_b を説明する図である。

図 17 (1) は補正フィルタ F_b によって覆われた単位ミラー $23in-b$ とその補正フィルタ F_b との位置関係を示し、図 17 (2) は補正フィルタ F_b をコリメータミラー 22 の側から見たときの様子を示し、図 17 (3) は、図 17 (2) の II-II' 線における補正フィルタ F_b の断面を模式的に示している。

【0074】

図 17 (1) に示すように、補正フィルタ F_b は、単位ミラー $23in-b$ の反射面 r に対する入射光束（平行光束である。）に対し垂直に挿入される。

図 17 (2) に示すように、コリメータミラー 22 の側から補正フィルタ F_b を見たときの外形は、コリメータミラー 22 の側から反射面 r を見たときの形状（すなわち、円弧状）に一致している。

【0075】

図 17 (2) において、補正フィルタ F_b 上に符号 FE_b で示す領域が、レチクル面 R の暗部 E_b に対応する。

図 17 (3) に示すように、補正フィルタ F b の領域 F E b における断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域 F E b 以外の領域はベリリウム (B e) の厚い層からなるのに対し、領域 F E b は、ベリリウム (B e) の薄い層からなる。

【0076】

このような補正フィルタ F b は、ベリリウム (B e) からなる基板 F b 1 を用意し、その基板 F b 1 の領域 F E b 以外の領域に対してのみベリリウム (B e) の層 F b 2 を重ねて形成することなどで製造できる。

図 18 は、補正フィルタ F c を説明する図である。

図 18 (1) は補正フィルタ F c によって覆われた単位ミラー 23 i n - c とその補正フィルタ F c との位置関係を示し、図 18 (2) は補正フィルタ F c をコリメータミラー 22 の側から見たときの様子を示し、図 18 (3) は、図 18 (2) の II-II' 線における補正フィルタ F c の断面を模式的に示している。

【0077】

図 18 (1) に示すように、補正フィルタ F c は、単位ミラー 23 i n - c の反射面 r に対する入射光束 (平行光束である。) に対し垂直に挿入される。

図 18 (2) に示すように、コリメータミラー 22 の側から補正フィルタ F c を見たときの外形は、コリメータミラー 22 の側から反射面 r を見たときの形状 (すなわち、円弧状) に一致している。

【0078】

図 18 (2) において、補正フィルタ F c 上に符号 F E c で示す領域が、レチクル面 R の暗部 E c に対応する。

図 18 (3) に示すように、補正フィルタ F c の領域 F E c における断面と、それ以外の領域の断面とでは、互いに異なる。

領域 F E c 以外の領域はベリリウム (B e) の厚い層からなるのに対し、領域 F E c は、ベリリウム (B e) の薄い層からなる。

【0079】

このような補正フィルタ F c は、ベリリウム (B e) からなる基板 F c 1 を用意し、その基板 F c 1 の領域 F E b 以外の領域に対してのみベリリウム (B e)

の層 F_c2 を重ねて形成することなどで製造できる。

以上の構成の照明光学系では、補正フィルタ F_a において、領域 $F E a$ の透過率が他の領域の透過率と比較して低くなっている。

【0080】

また、補正フィルタ F_b において、領域 $F E b$ の透過率が他の領域の透過率と比較して高くなっている。

また、補正フィルタ F_c において、領域 $F E c$ の透過率が他の領域の透過率と比較して高くなっている。

そして、フライアイミラー 23 の入射端 $23 in$ (図 3 参照) における補正フィルタ F_a の個数は、予め測定されたレチクル面 R の明部 $E a$ の明るさの程度 (図 2 参照) に応じて最適化される。

【0081】

また、フライアイミラー 23 の入射端 $23 in$ (図 3 参照) における補正フィルタ F_b の個数は、予め測定されたレチクル面 R の暗部 $E b$ の暗さの程度 (図 2 参照) に応じて最適化される。

また、フライアイミラー 23 の入射端 $23 in$ (図 3 参照) における補正フィルタ F_c の個数は、予め測定されたレチクル面 R の暗部 $E c$ の暗さの程度 (図 2 参照) に応じて最適化される。

【0082】

その結果、レチクル面 R の照明強度は、例えば図 8 に示したように均一化される。

(第 2 実施形態の変形例)

なお、本実施形態の補正フィルタ F_a 、 F_b 、 F_c は、何れもベリリウムの 2 層構造からなるが、ベリリウムの 1 層構造からなり、かつ相対的に透過率を高める領域 (補正フィルタ F_a においては領域 $F E a$ 以外の領域、補正フィルタ F_b においては領域 $F E b$ 、補正フィルタ F_c においては領域 $F E c$) に開口を設けた補正フィルタを用いることもできる。

【0083】

なお、本実施形態の照明光学系においては、レチクル面 R の明部 $E a$ を補正す

るために補正フィルタ F_a が用いられているが、単位ミラー $23in-1$, $23in-2$, ... の一部を、図 19 (a), 図 19 (a') に模式的に示す補正ミラー $23a$, $23a'$ に置換することによっても、同様の補正が可能である。

これらの補正ミラー $23a$, $23a'$ は、その反射面の形状は置換前の単位ミラー $23in-1$, $23in-2$, ... の反射面の形状と変わらない。

【0084】

但し、補正ミラー $23a$ は、基板（ガラスやセラミックや金属などからなる） $23a1$ 上に順に、比較的反射率の低い珪化モリブデン ($MoSi_2$) の層 $23a2$ 、比較的反射率の高いモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 $23a3$ を積層し、モリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) $23a3$ の層 $23a3$ のうち領域 $23Ea$ （レチクル面 R の明部 Ea に対応する部分）を除去したものである。

【0085】

また、補正ミラー $23a'$ は、基板（ガラスやセラミックや金属などからなる） $23a1$ 上に順に、比較的反射率の高いモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 $23a3$ 、比較的反射率の低い珪化モリブデン ($MoSi_2$) の層 $23a2$ を積層し、珪化モリブデン ($MoSi_2$) の層 $23a2$ のうち領域 $23Ea$ 以外の部分を除去したものである。

【0086】

また、本実施形態の照明光学系においては、レチクル面 R の暗部 Eb を補正するために補正フィルタ F_b が用いられているが、単位ミラー $23in-1$, $23in-2$, ... の一部を、図 19 (b), 図 19 (b') に模式的に示す補正ミラー $23b$, $23b'$ に置換することによっても、同様の補正が可能である。

これらの補正ミラー $23b$, $23b'$ は、その反射面の形状は置換前の単位ミラー $23in-1$, $23in-2$, ... の反射面の形状と変わらない。

【0087】

但し、補正ミラー $23b$ は、基板（ガラスやセラミックや金属などからなる） $23b1$ 上に順に、比較的反射率の低い珪化モリブデン ($MoSi_2$) の層 $23b2$ 、比較的反射率の高いモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 23

b 3 を積層し、モリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 b 3 のうち領域 2 3 E b (レチクル面 R の暗部 E b に対応する部分) 以外の部分を除去したものである。

【0088】

また、補正ミラー 2 3 b' は、基板 (ガラスやセラミックや金属などからなる) 2 3 b 1 上に順に、比較的反射率の高いモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 b 3、比較的反射率の低い珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 b 2 を積層し、珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 b 2 のうち領域 2 3 E b の部分を除去したものである。

【0089】

また、本実施形態の照明光学系においては、レチクル面 R の暗部 E c を補正するために補正フィルタ F c が用いられているが、単位ミラー 2 3 i n-1, 2 3 i n-2, ... の一部を、図 19 (c), 図 19 (c') に模式的に示す補正ミラー 2 3 c, 2 3 c' に置換することによっても、同様の補正が可能である。

これらの補正ミラー 2 3 c, 2 3 c' は、その反射面の形状は置換前の単位ミラー 2 3 i n-1, 2 3 i n-2, ... の反射面の形状と変わらない。

【0090】

但し、補正ミラー 2 3 c は、基板 (ガラスやセラミックや金属などからなる) 2 3 c 1 上に順に、比較的反射率の低い珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 c 2、比較的反射率の高いモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 c 3 を積層し、モリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 c 3 のうち領域 2 3 E c (レチクル面 R の暗部 E c に対応する部分) 以外の部分を除去したものである。

【0091】

また、補正ミラー 2 3 c' は、基板 (ガラスやセラミックや金属などからなる) 2 3 c 1 上に順に、比較的反射率の高いモリブデン (Mo) 又はルテニウム (Ru) の層 2 3 c 3、比較的反射率の低い珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 c 2 を積層し、珪化モリブデン (MoSi₂) の層 2 3 c 2 のうち領域 2 3 E c の部分を除去したものである。

【0092】

また、本実施形態においても、第1実施形態の変形例のところで述べた各種の方法（補正フィルタ又は補正ミラーの反射面の最上層にテーパを設ける、補正フィルタ又は補正ミラーを複数化する）により、照明強度のさらなる均一化を図ってもよい。

また、本実施形態では、明部E a、暗部E b、暗部E cを個別に補正する補正フィルタF a、F b、F c、又は補正ミラー23 a、23 b、23 cが用いられしたが、同時に二つ以上の部分（例えば、暗部E bと暗部E c）を補正する補正フィルタ、又は補正ミラーを用いることもできる。

【0093】

また、本実施形態の照明光学系において、フライアイミラー23の入射端23 i nを構成する単位ミラー23 i n-1, 23 i n-2, ...は互いに等価なので、フィルタF a、F b、F cによって覆われる単位ミラー、又は補正ミラー23 a, 23 b, 23 cに置換される単位ミラーは、どの単位ミラーであってもよい。

【0094】

また、本実施形態では、フィルタF a, F b, F cによって覆われる単位ミラーは、フライアイミラー23の入射端23 i nを構成する単位ミラー23 i n-1, 23 i n-2, ...の何れかとされているが、射出端23 o u tを構成する単位ミラー23 o u t-1, 23 o u t-2, ...の何れかとすることもできる。

【0095】

但し、入射端23 i nを構成する単位ミラー23 i n-1, 23 i n-2, ...とした方が、好ましい。なぜなら、それら単位ミラー23 i n-1, 23 i n-2, ...の入射側とレチクル面Rとは共役であるので、補正フィルタF aの領域F E aのパターンがレチクル面Rの明部E aのパターンの相似形となり、補正フィルタF bの領域F E bのパターンがレチクル面Rの暗部E bのパターンの相似形となり、補正フィルタF cの領域F E cのパターンがレチクル面Rの暗部E cのパターンの相似形となるからである。

【0096】

また、本実施形態では、補正ミラー 23a, 23b, 23c に置換される単位ミラーは、フライアイミラー 23 の入射端 23in を構成する単位ミラー 23in-1, 23in-2, ... の何れかとされているが、射出端 23out を構成する単位ミラー 23out-1, 23out-2, ... の何れかとする 것도できる。

【0097】

但し、入射端 23in を構成する単位ミラー 23in-1, 23in-2, ... とした方が、好ましい。なぜなら、それら単位ミラー 23in-1, 23in-2, ... とレチクル面 R とは共役に近いので、補正ミラー 23a の領域 23Ea のパターンがレチクル面 R の明部 Ea のパターンの相似形に近づき、補正ミラー 23b の領域 23Eb のパターンがレチクル面 R の暗部 Eb のパターンの相似形に近づき、補正ミラー 23c の領域 23Ec のパターンがレチクル面 R の暗部 Ec のパターンの相似形に近づくからである。

【0098】

なお、補正フィルタによる照明ムラの低減は、図 1 に示す照明光学系にも適用することができる。

図 1 に示す照明光学系に適用する場合は、フライアイミラー 13 の入射端 13in 近傍に所定の単位ミラーをカバーするように補正フィルタを配置する。

すなわち、フライアイミラー 13 の入射端 13in を構成する単位ミラー 13in-1, 13in-2, ... のうち一部の単位ミラーが、前述の図 16 (3), 図 17 (3)、図 18 (3) に示す補正フィルタ Fa, Fb, Fc の何れかにより覆われる。

【0099】

さらに、別の照明ムラ低減の実施例として、フライアイミラーの単位ミラー (図 1 において符号 13in-1, 13in-2, ..., 図 11 において符号 23in-1, 23in-2, ... で示した。) のうち一部を、次のような粘性物質の塗布された補正ミラーに置換してもよい。

この補正ミラーは、真空中でガスが発生せず、かつ EUV 光に対して反射率の

低い粘土、グリース等の粘性のある物質（添加物質としてPt, Auを含有する場合も含む）を単位ミラーの表面に塗布したものである。単位ミラー上に塗布された粘性物質は、化学的处理により単位ミラー上に固着させてある。

【0100】

このように単位ミラーの表面に粘性物質を塗布することにより、レチクル面Rの明部Eaの照明強度を相対的に低減させるための反射ムラを形成すること、あるいはレチクル面Rの暗部Eb, Ecの照明強度を相対的に向上させるための反射ムラを形成することが可能となる。

[第3実施形態]

図20に基づいて本発明の第3実施形態について説明する。本実施形態は投影露光装置の実施形態である。

【0101】

図20は、本実施形態の投影露光装置の構成図である。

本実施形態の投影露光装置は、露光ビームとしてEUV光（例えば波長50nm以下のEUV光）を用いて、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光動作を行う縮小投影型の投影露光装置である。

投影露光装置には、投影光学系200及び照明光学系100が搭載される。照明光学系100は、上述した第1実施形態又は第2実施形態の何れかの照明光学系であり、投影光学系200の物体面に配置されたレチクル102の表面（レチクル面）Rを照明する。

【0102】

投影光学系200は、レチクル面Rにおける反射光束の主光線を、像面側に配置されるウエハ10上に実質的に垂直に投射する。

投影光学系200は、物体面側が非テレセントリックで、且つ像面側がテレセントリックであるとともに、複数枚（例えば2～8枚程度であり、図20では4枚）の反射ミラー106, 107, 108, 109からなる反射系（投影倍率は1/4、1/5、1/6など）である。

【0103】

投影露光装置には、その他、レチクル102を保持するレチクルステージ10

3、ウエハ10を保持するウエハステージ110等が備えられる。

以上の構成の投影露光装置において、照明光学系100は、第1実施形態又は第2実施形態で説明したとおり、レチクル面Rを従来よりも高い精度で均一に照明する。

【0104】

したがって、たとえ投影光学系200が従来と同じ構成であったとしても、投影露光装置は高性能化される。

【その他】

なお、第2実施形態、第3実施形態において、斜入射を利用したフライアイミラーを構成する単位ミラーの形状として、放物面鏡の一部を利用しているが、同様な機能を有するのであれば、他の形状であってもよい。

【0105】

例えば、ウォルター型（I，II，III型全て）、シリンドリカルミラー、トロイダルミラーなどがある。

また、上記第1実施形態、及び第2実施形態、第3実施形態では、反射型の照明光学系、反射型の投影露光装置を説明したが、本発明は、反射屈折型の照明光学系や、反射屈折型の投影露光装置にも適用可能である。

【0106】

【発明の効果】

以上説明したとおり本発明によれば、光学系の組み立て後に生じる僅かな照明ムラまでもが低減されたEUV光使用の照明光学系が実現する。

また、本発明によれば、高性能な投影光学系が実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1実施形態の照明光学系の概略構成図である。

【図2】

補正前のレチクル面Rの照明ムラを説明する図である。

【図3】

フライアイミラー13の入射端13inを示す図である。

【図 4】

補正ミラー 13 a を説明する図である。

【図 5】

補正ミラー 13 b を説明する図である。

【図 6】

補正ミラー 13 c を説明する図である。

【図 7】

補正ミラー 13 a, 13 b, 13 c の反射率分布を説明する図である。

【図 8】

補正後のレチクル面 R の照明強度分布を示す図である。

【図 9】

微調整ミラー 13 a' を説明する図である。

【図 10】

第 1 実施形態の変形例を説明する図である。

【図 11】

第 2 実施形態の照明光学系の概略構成図である。

【図 12】

コリメータミラー 22 を説明する図である。

【図 13】

コリメータミラー 22' を説明する図である。

【図 14】

フライアイミラー 23 を説明する図である。

【図 15】

フライアイミラー 23 の入射端 23 in を構成する単位ミラー 23 in-1, 23 in-2, ... の反射面の形状を説明する図である。

【図 16】

補正フィルタ F a を説明する図である。

【図 17】

補正フィルタ F b を説明する図である。

【図 18】

補正フィルタ F_c を説明する図である。

【図 19】

第 2 実施形態の変形例を説明する図である。

【図 20】

第 3 実施形態の投影露光装置の構成図である。

【符号の説明】

11, 21 光源

12, 22 コリメータミラー

13, 23 フライアイミラー

13in, 23in 入射端

13out, 23out 射出端

14, 24 コンデンサミラー

13in-1, 13in-2, . . . , 13out-1, 13out-2, . . . , 22-1, 22-2, . . . , 23in-1, 23in-2, . . . , 23out-1, 23out-2, . . . , 24-1, 24-2, . . . 単位ミラー

13a, 13b, 13c, 23a, 23a', 23b, 23b', 23c, 23c' 補正ミラー

Fa, Fb, Fc 補正フィルタ

R レチクル面

100 照明光学系

200 投影光学系

102 レチクル

103 レチクルステージ

106, 107, 108, 109 反射ミラー

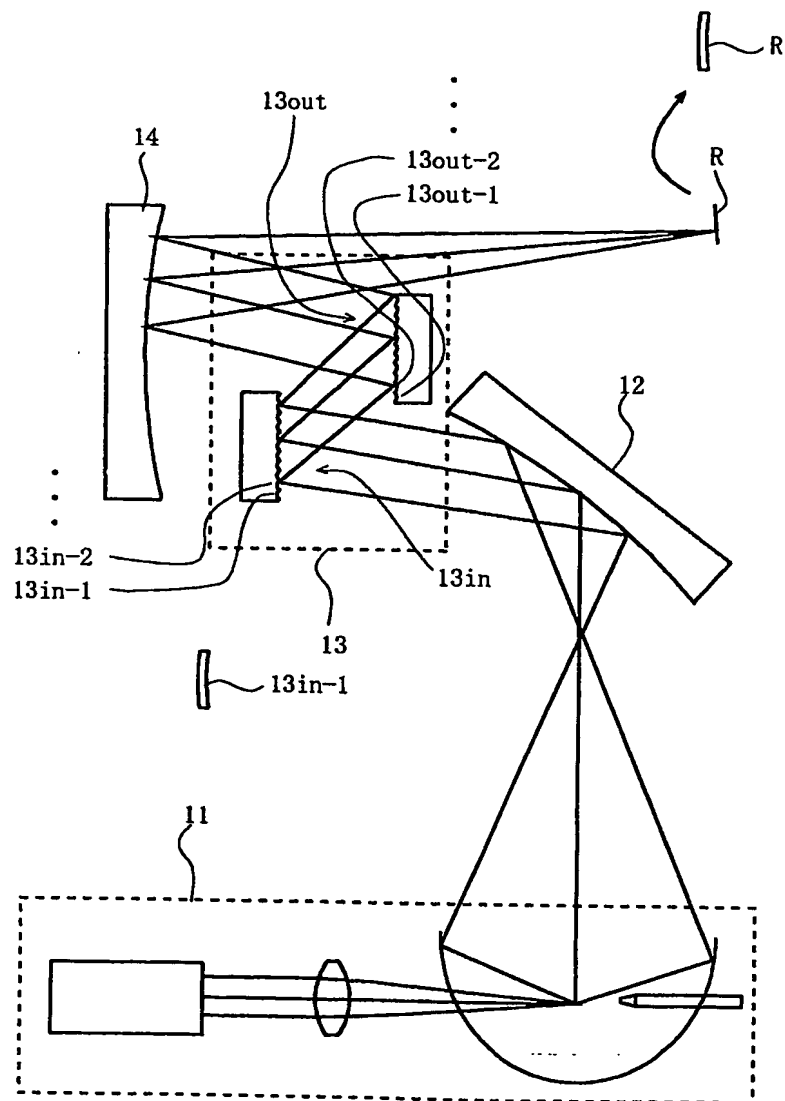
10 ウエハ

110 ウエハステージ

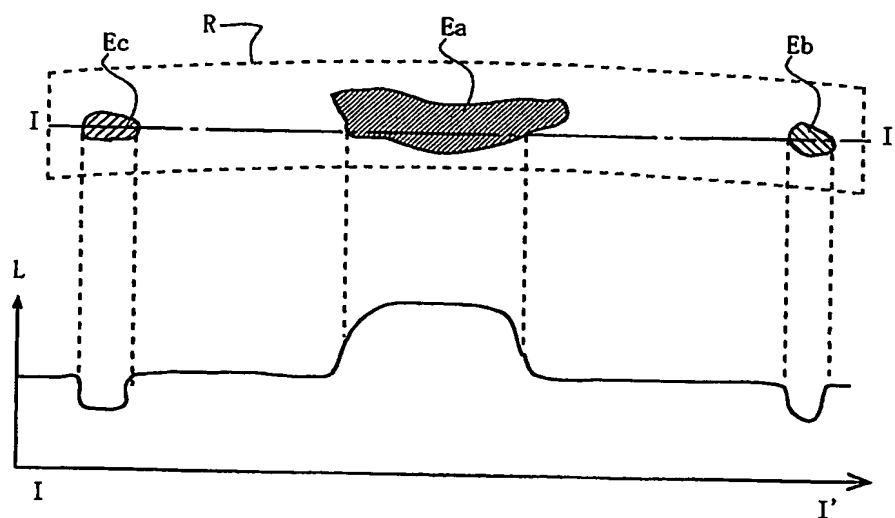
【書類名】

図面

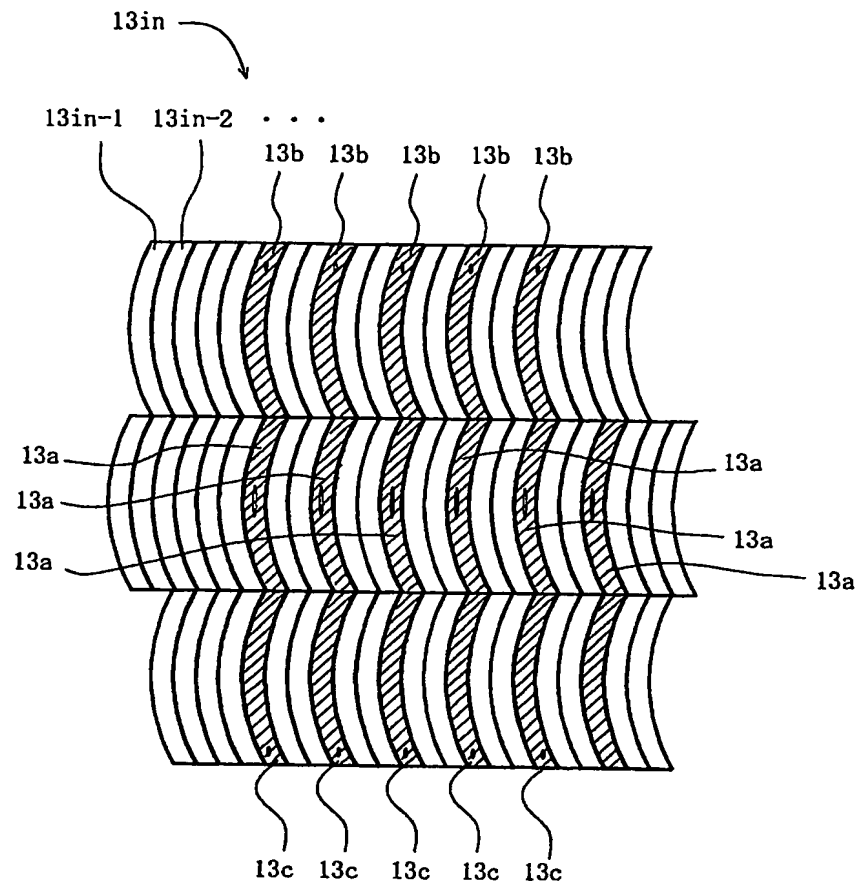
【図 1】



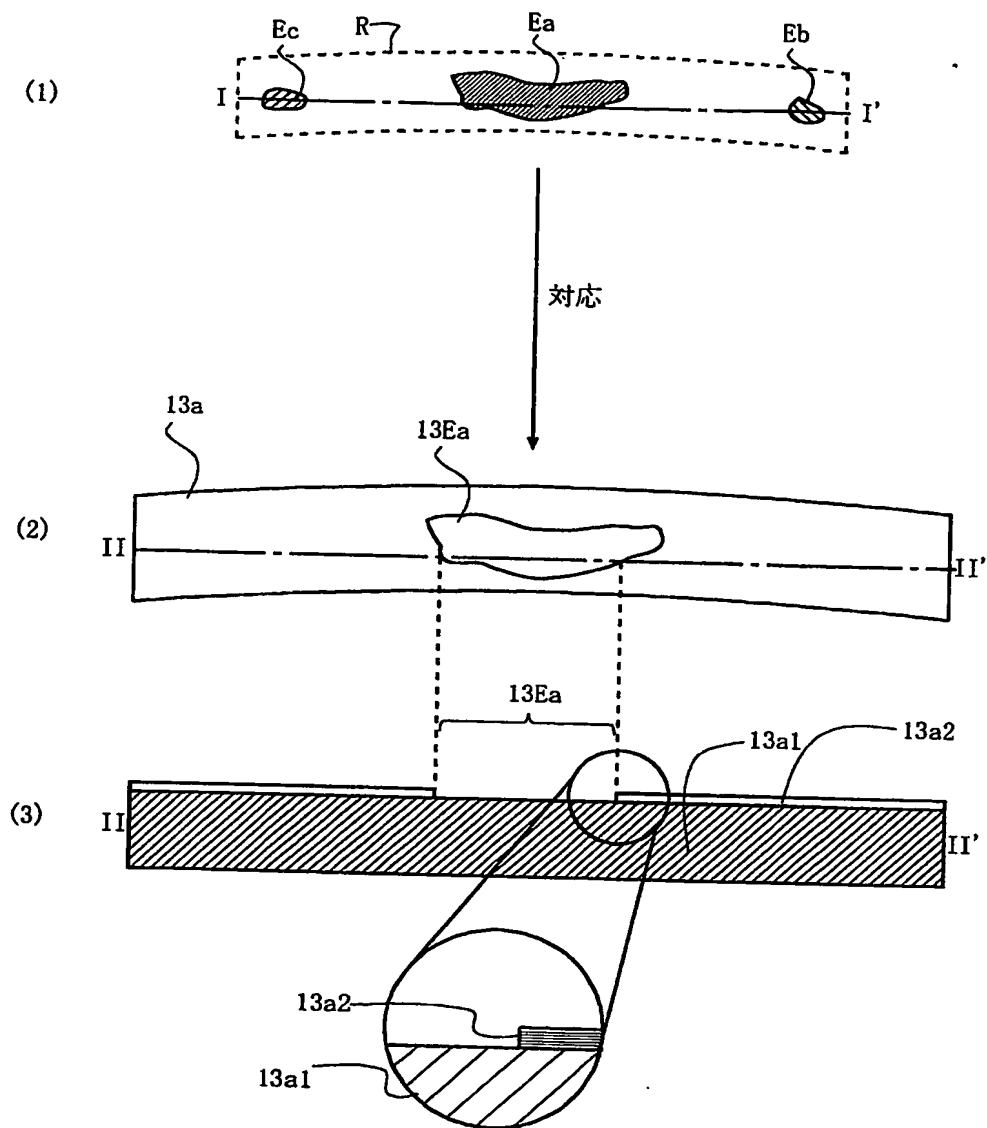
【図 2】



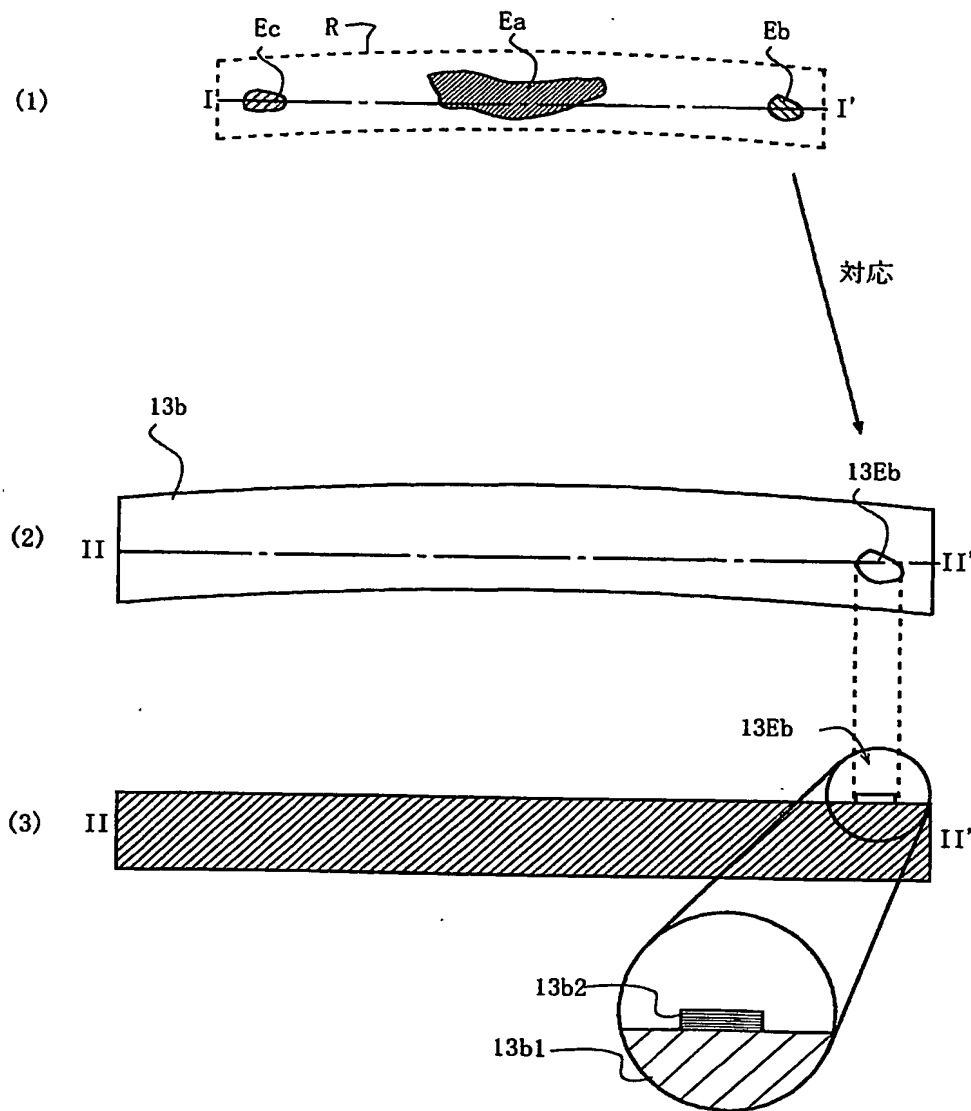
【図 3】



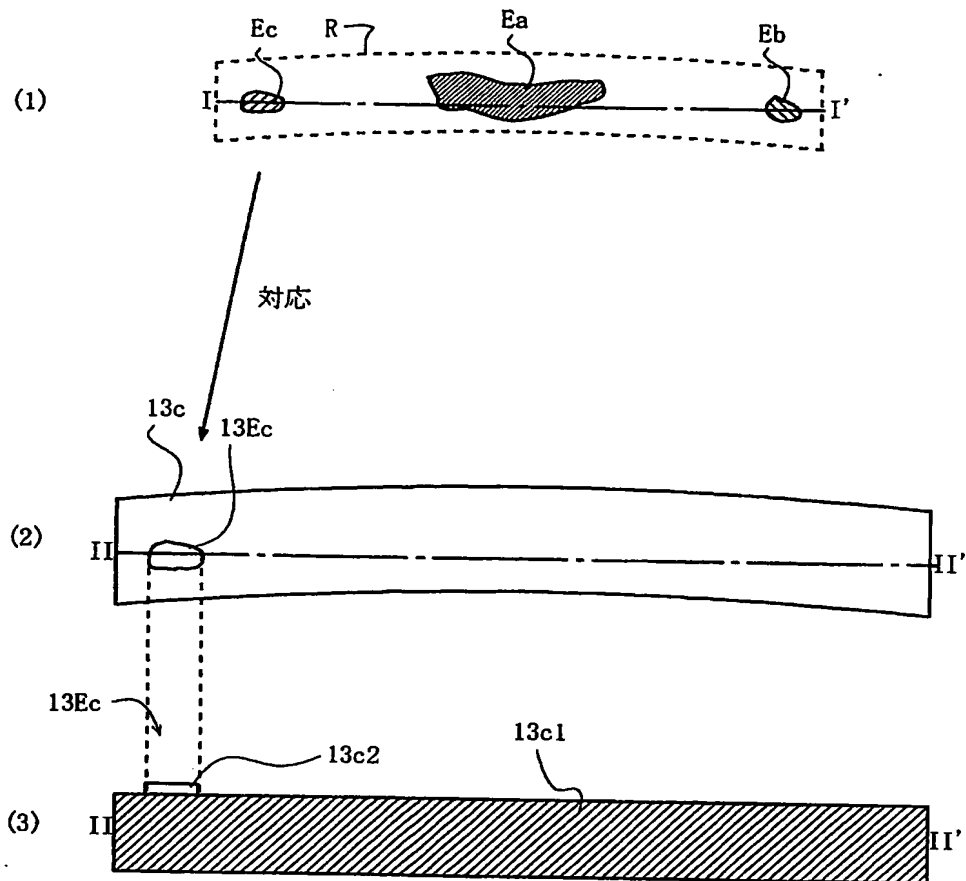
【図 4】



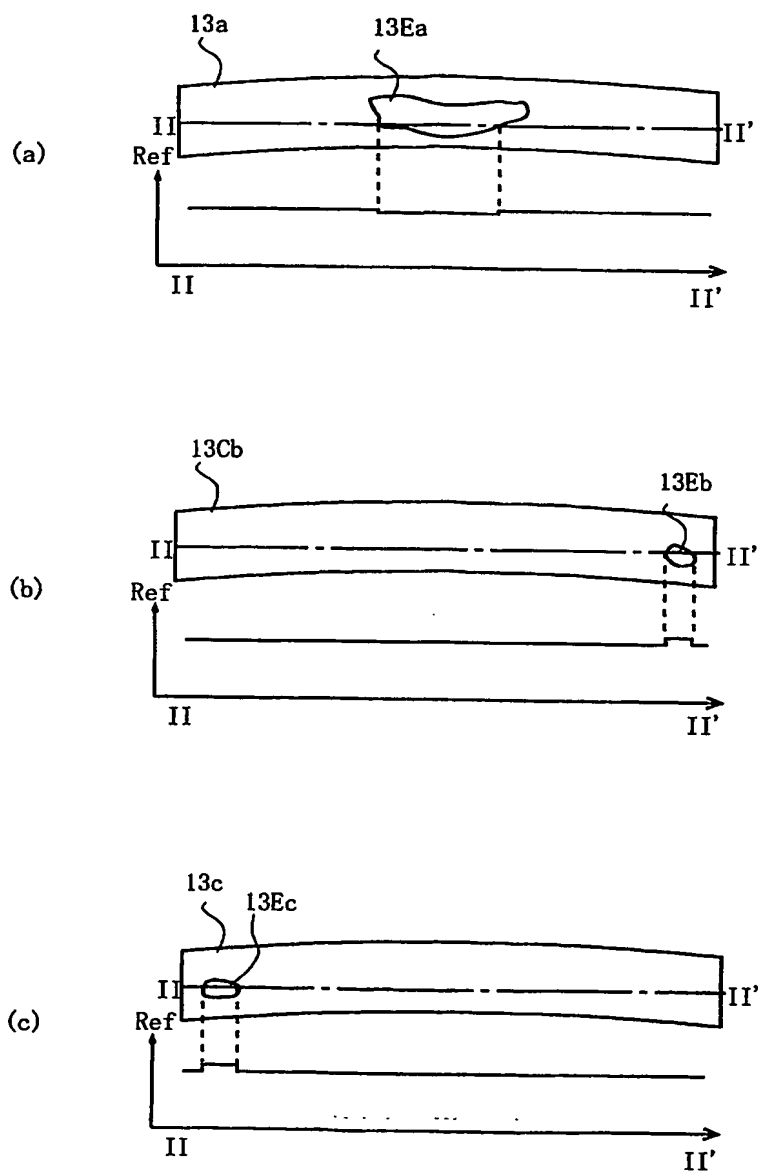
【図 5】



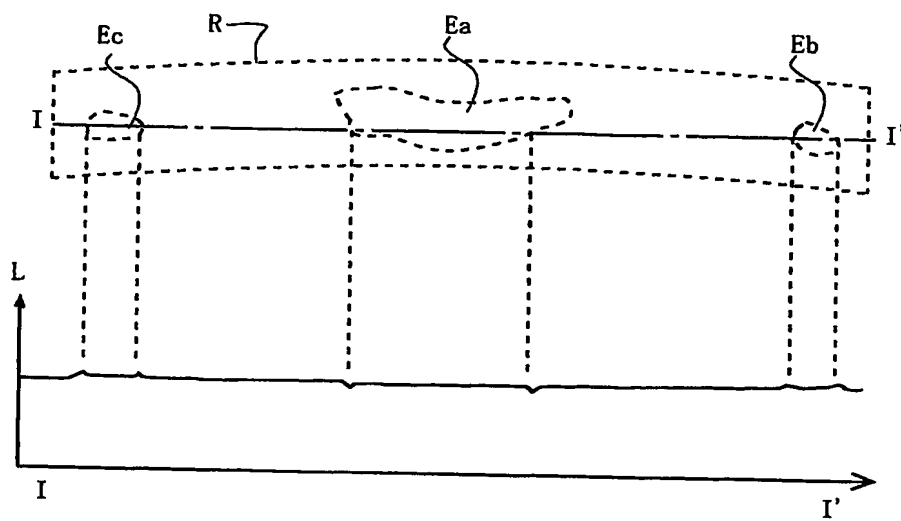
【図 6】



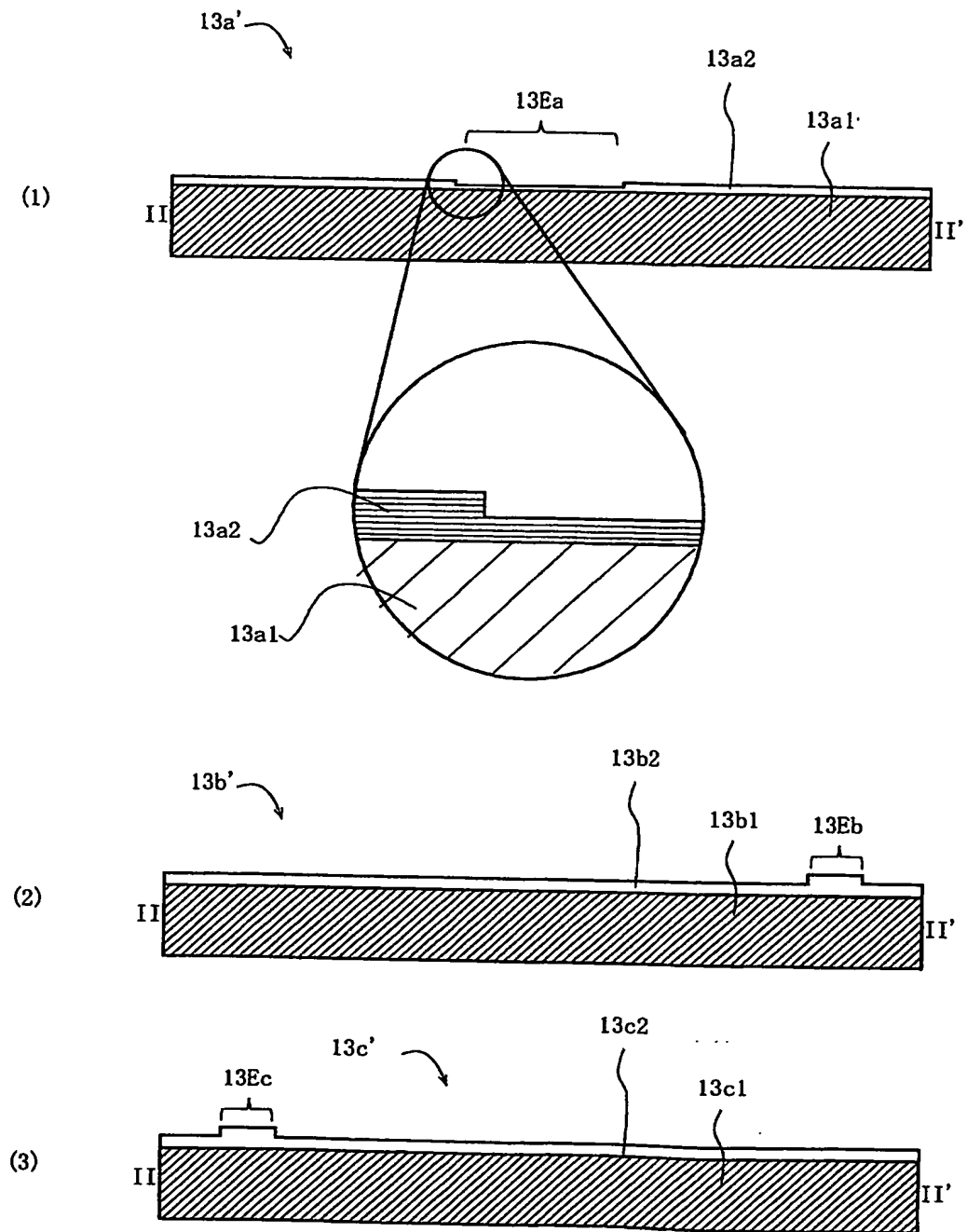
【図 7】



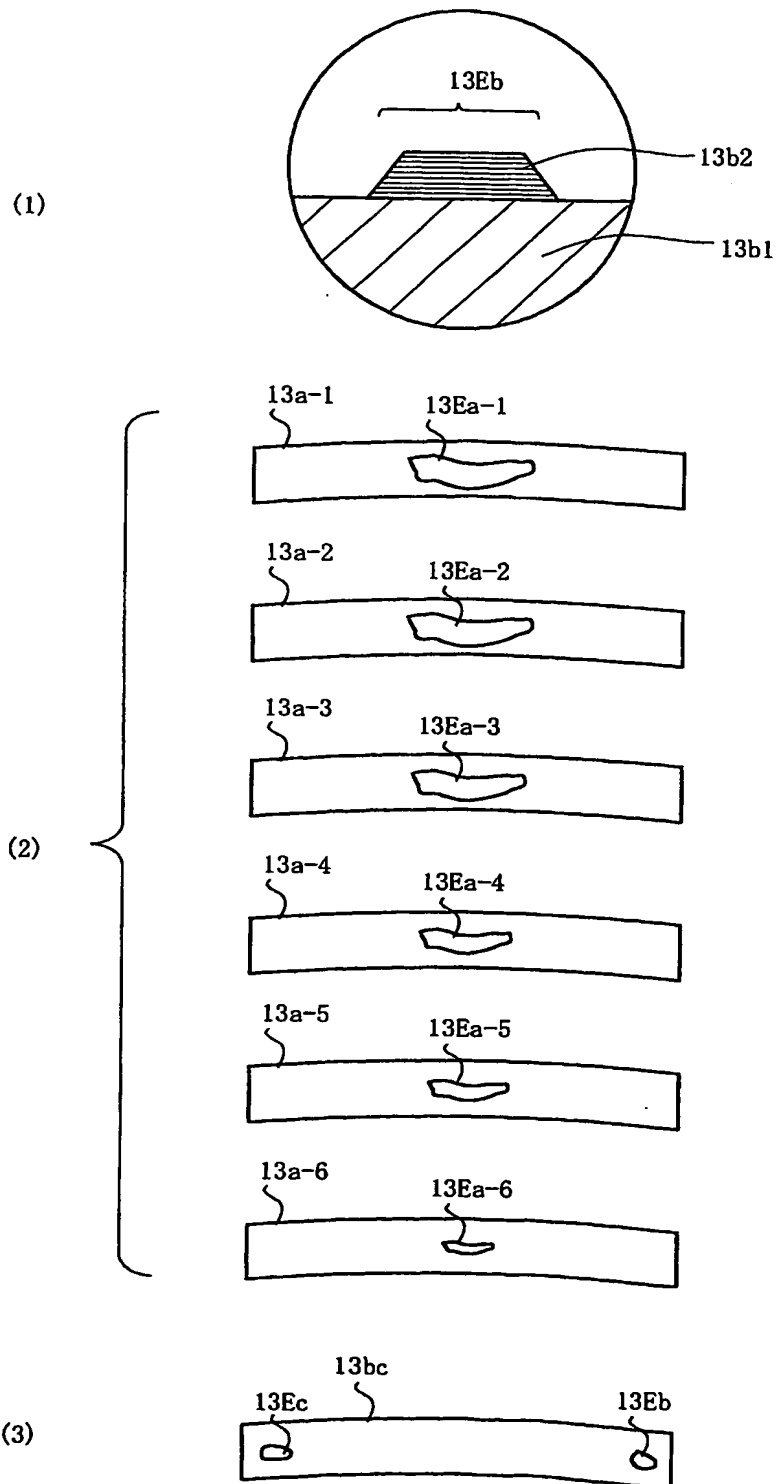
【図 8】



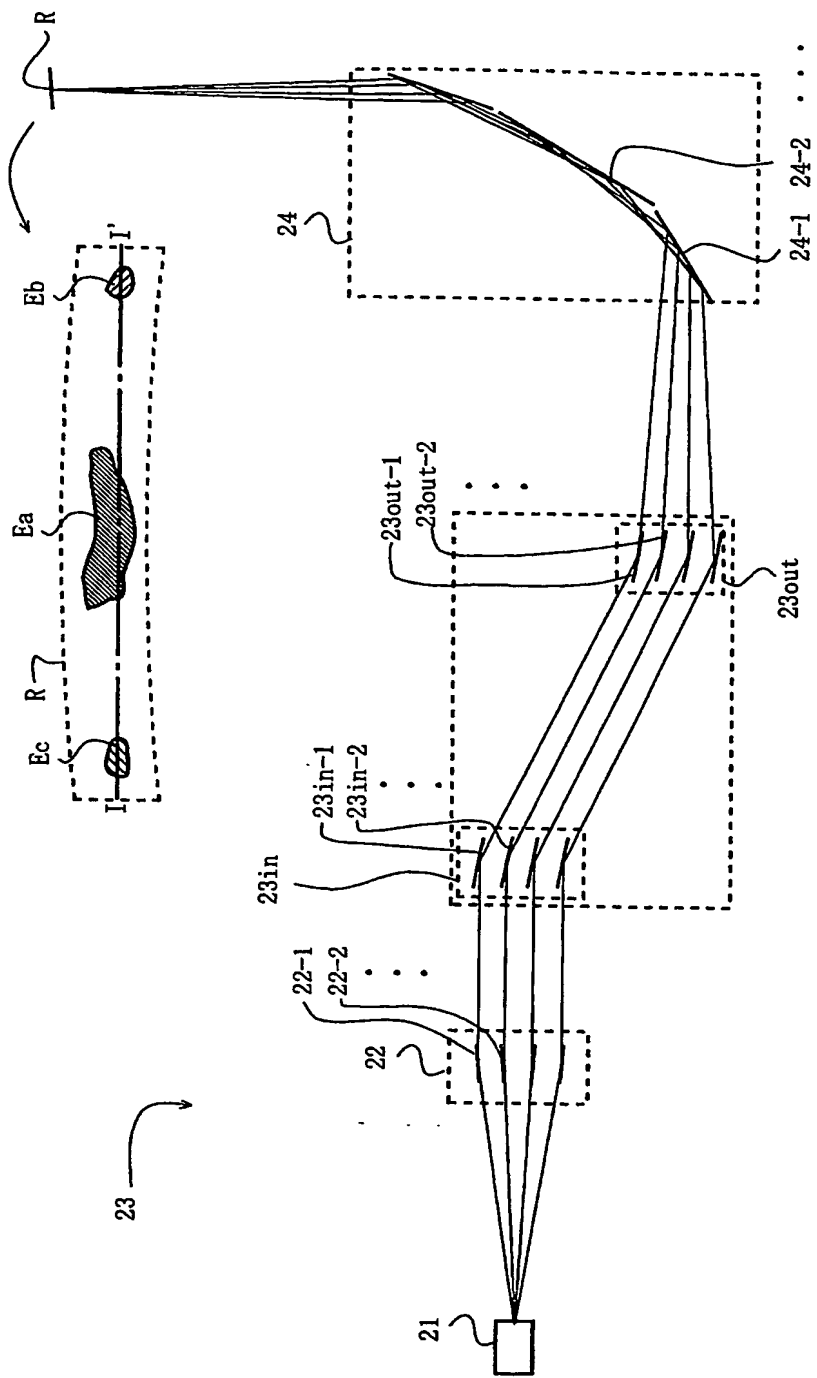
【図 9】



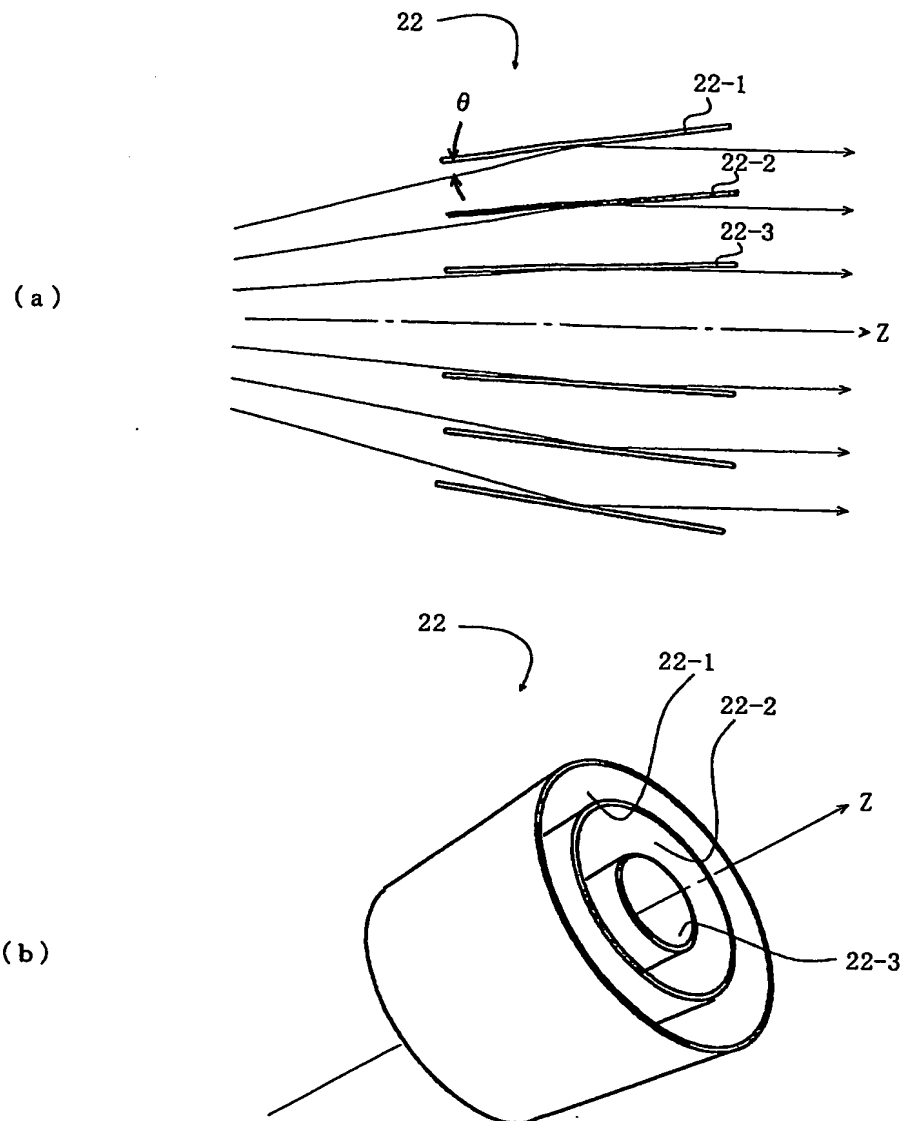
【図 10】



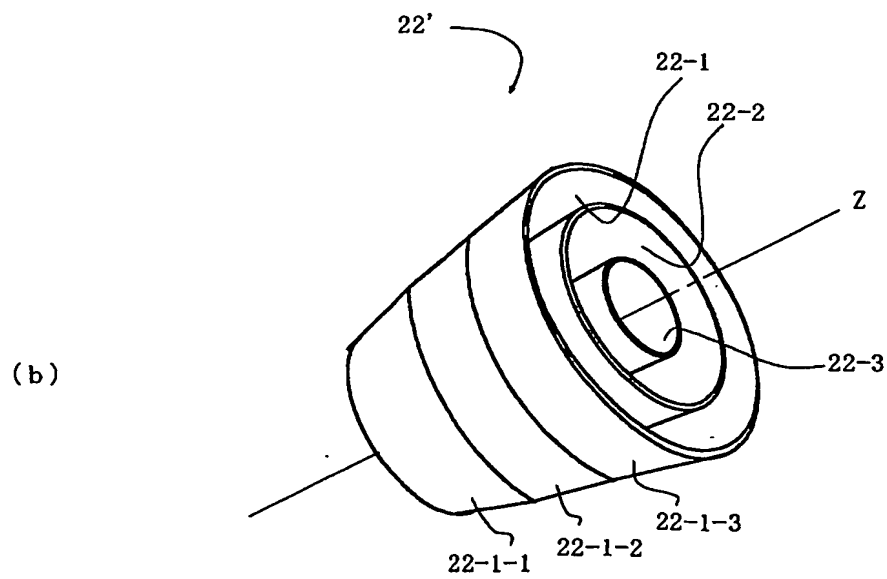
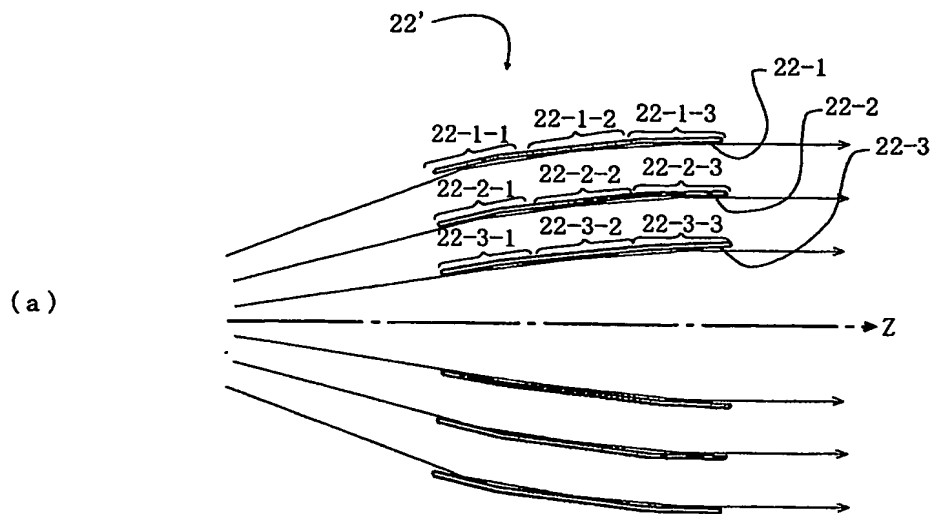
【図 11】



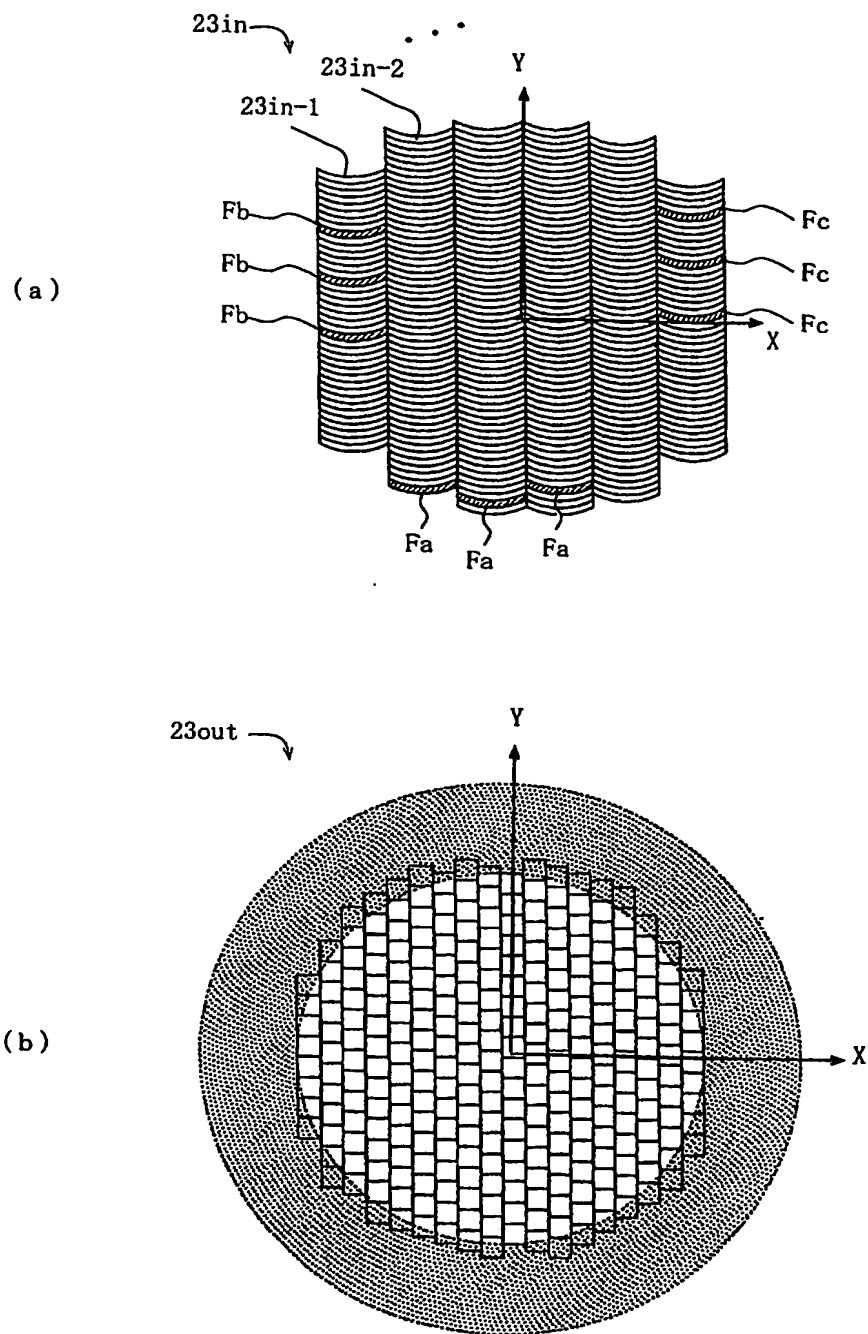
【図 12】



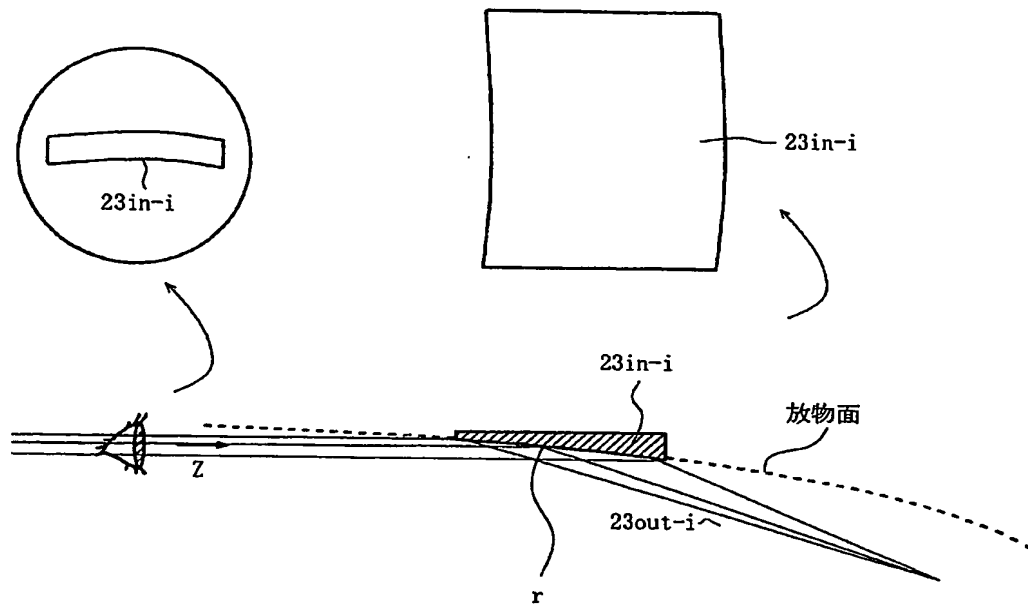
【図 13】



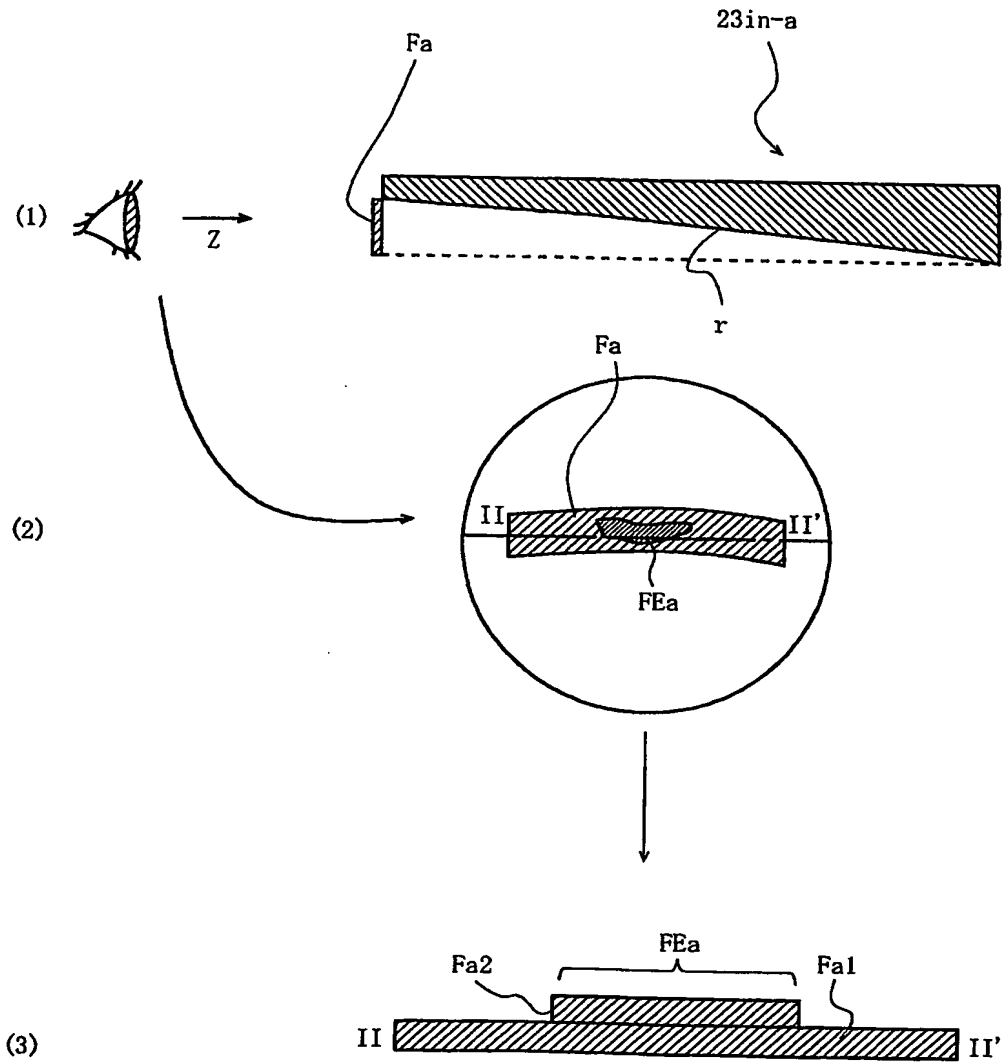
【図 14】



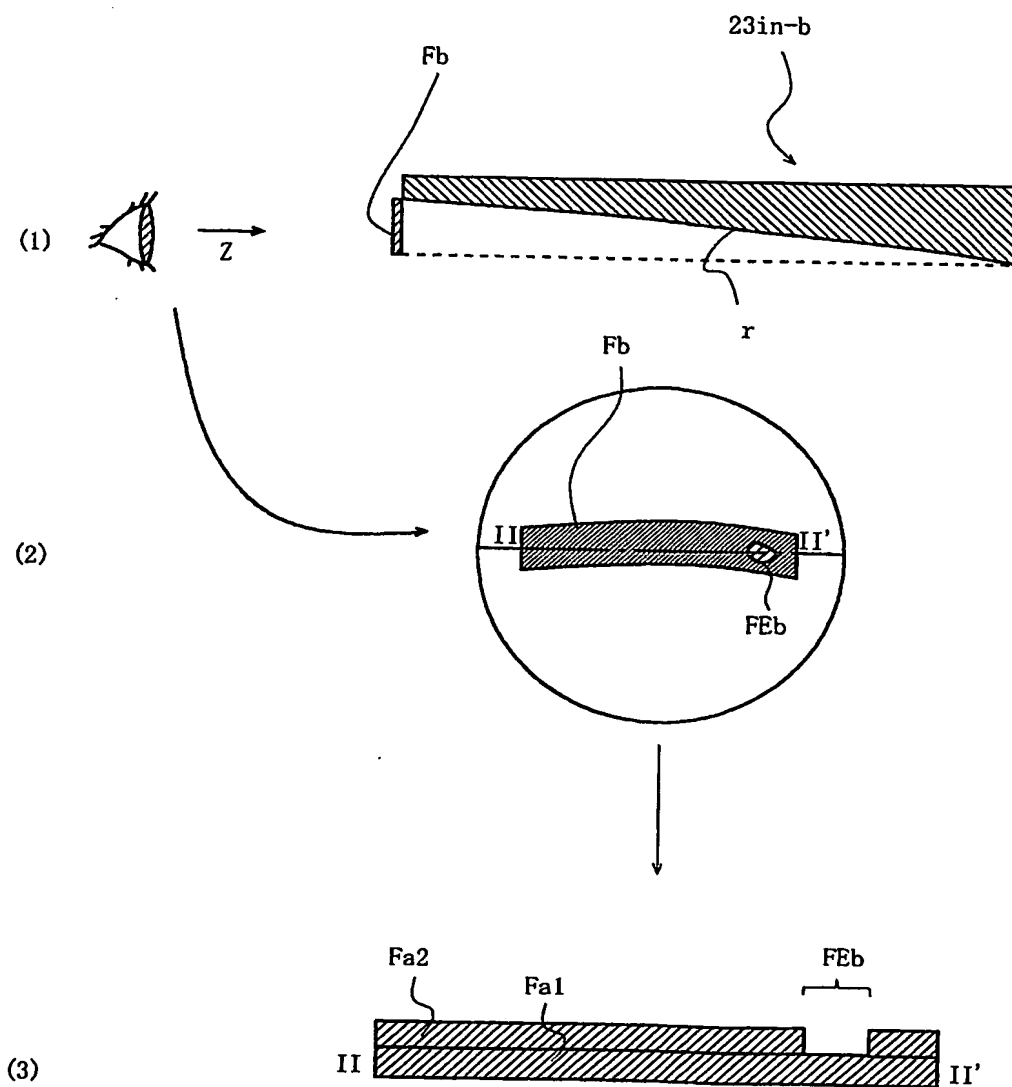
【図 15】



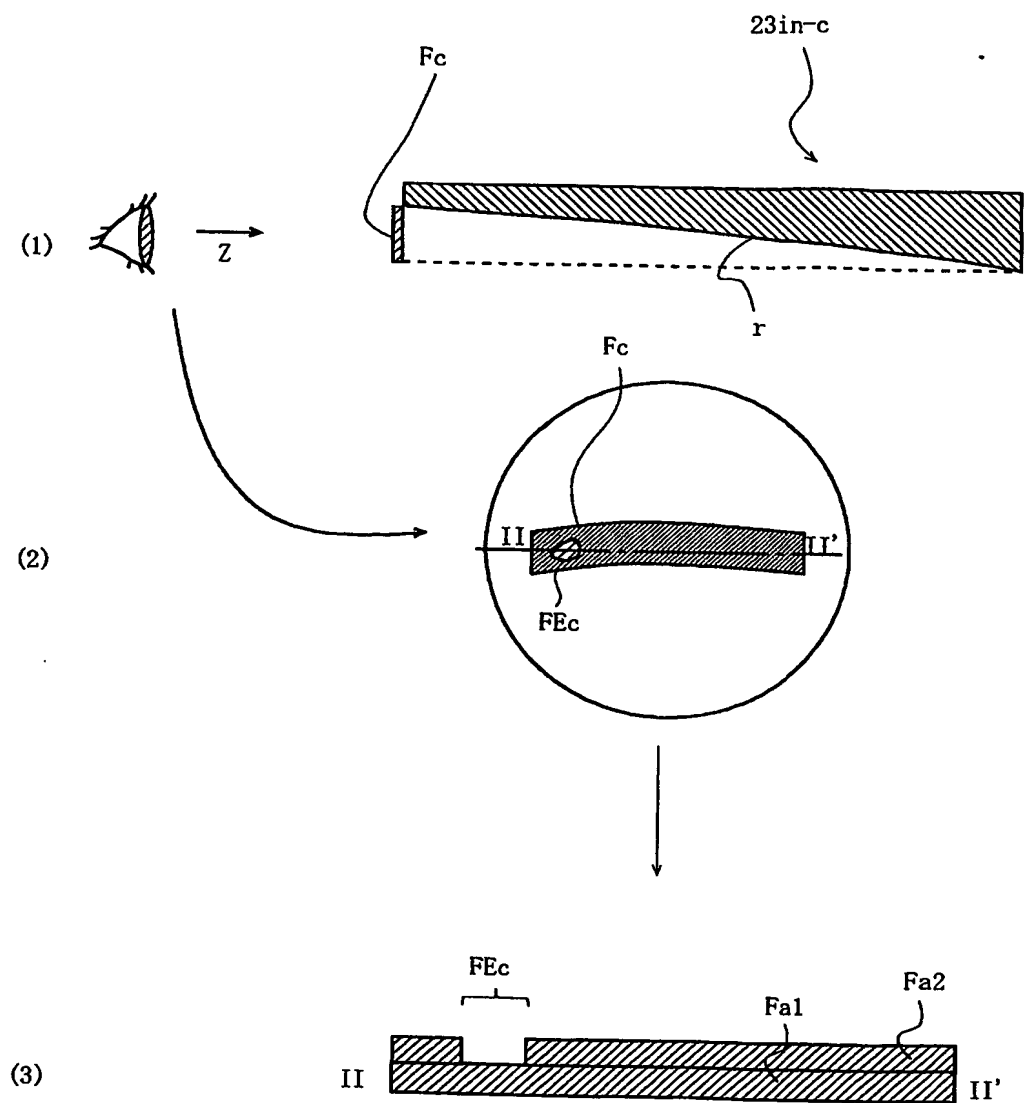
【図 16】



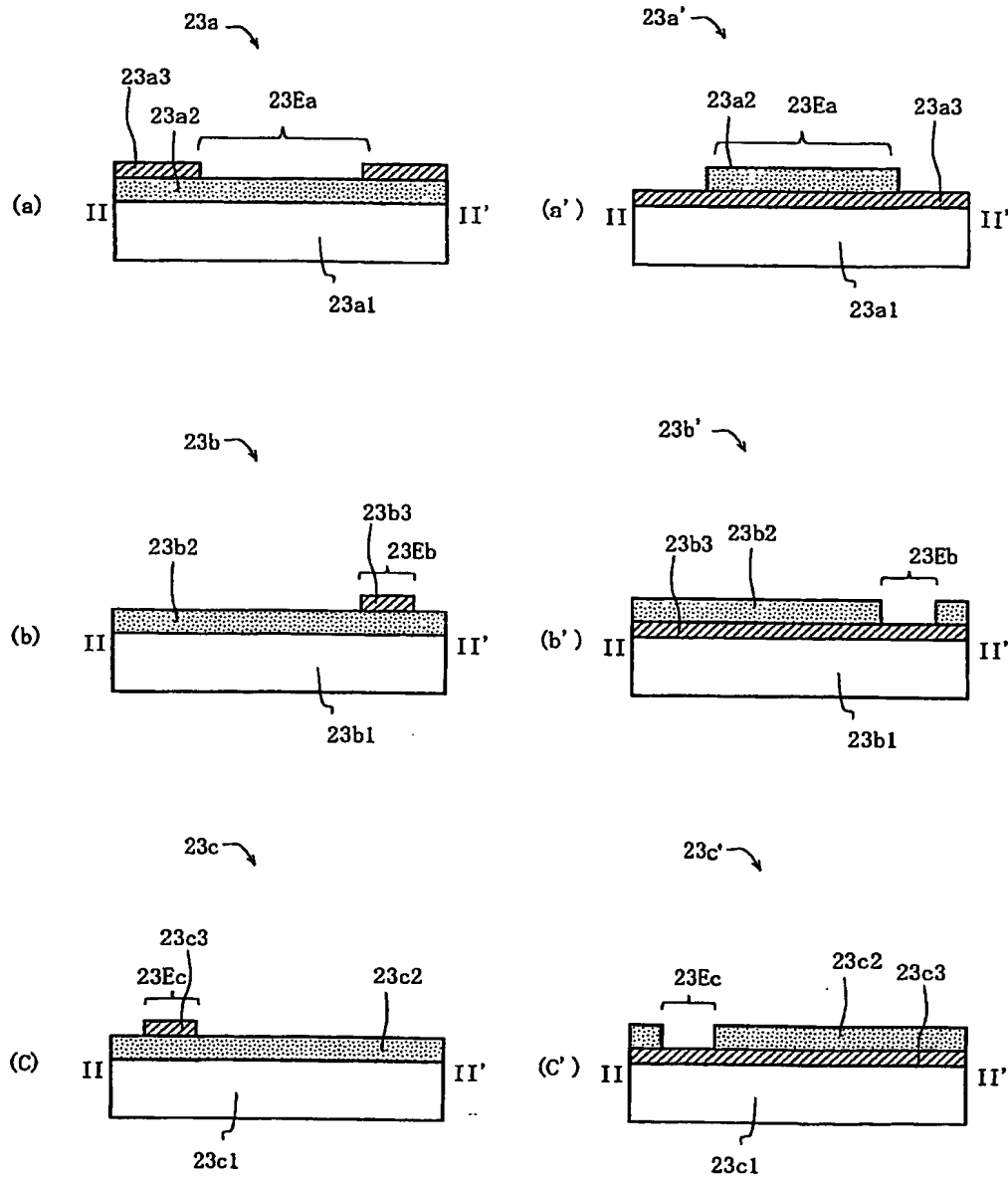
【図 17】



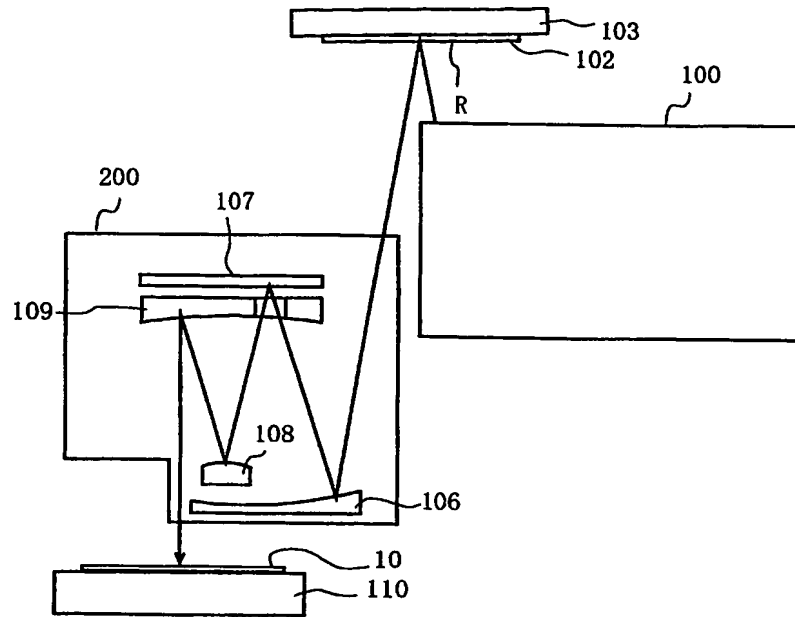
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光学系の組み立て後に生じる僅かな照明ムラまでもが低減されたEUV光使用の照明光学系を提供する。

【解決手段】 極端紫外光を出射する光源、コリメータ、フライアイミラー（13）、及びコンデンサを順に配置し、そのコンデンサの射出側における所定の照明領域をケーラー照明する照明光学系において、前記フライアイミラー（13）を構成する複数の単位ミラー（13in-i）のうち少なくとも一つは、前記照明領域の照明ムラの一部又は全部を補正するための反射率ムラを有した補正ミラー（13a, 13b, 13c）であることを特徴とする。

【選択図】 図3



特願 2 0 0 3 - 1 3 1 4 4 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 1 1 2]

| | |
|----------|-------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 |
| 氏 名 | 株式会社ニコン |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.